

UNIVERSITÉ DE PARIS
FACULTÉ DE PHARMACIE

Année 1931-1932

N° 27

Contribution à l'Étude
des
Eaux Minérales de Contrexéville
(Vosges)

THÈSE

Pour l'obtention du Diplôme de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS
(Pharmacie)

Présentée et soutenue le juillet 1932

PAR

R. V. MAZLOUM

PHARMACIEN DE 1^{re} CLASSE
PHARMACEUTICAL CHEMIST (Londres)

Jury. { MM. SOMMELET, *Président.*
FABRE, *Professeur.*
DELABY, *Agrégé.*

PARIS
EDITIONS OCCITANIA
6, Passage Verdeau (IX^e)
1932

Contribution à l'Étude
des
Eaux Minérales de Contrexéville

Sources

**Pavillon
Le Clerc
Souveraine
Duchesse
Quai
Prince**



Digitized by the Internet Archive
in 2026

UNIVERSITÉ DE PARIS
FACULTÉ DE PHARMACIE

Année 1931-1932

N° 27

Contribution à l'Étude
des
Eaux Minérales de Contrexéville
(Vosges)

THÈSE

Pour l'obtention du Diplôme de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS
(Pharmacie)

Présentée et soutenue le juillet 1932

PAR

R. V. MAZLOUM

PHARMACIEN DE 1^{re} CLASSE
PHARMACEUTICAL CHEMIST (Londres)

Jury.. { MM. SOMMELET, *Président.*
FABRE, *Professeur.*
DELABY, *Agrégé.*

PARIS
EDITIONS OCCITANIA
6, Passage Verdeau (IX^e)
1932

PERSONNEL DE LA FACULTÉ DE PHARMACIE

Administration.

MM. P. GUERIN, Doyen, *, * I.
P. LEBEAU, Assesseur, O. *, * I.
P. DESPORT, Secrétaire, *, * I.

Professeurs.

MM.	
GUERIN, *, * I.	Botanique générale.
BEHAL, Membre de l'Institut, G. O. *, * I.	Chimie organique.
PERROT, O. *, * I.	Histoire naturelle des Médicaments.
COUTIERE, O. *, * I.	Zoologie.
LEBEAU, O. *, * I.	Pharmacie chimique.
BOUGAULT, *, * I.	Chimie analytique.
GORIS, *, * I.	Pharmacie galénique.
TASSILLY, *, * I.	Physique.
DAMIENS, *, * I.	Chimie minérale.
HERISSEY, O. *, * I.	Chimie biologique.
SOMMELET, *, * I.	Hydrologie et Hygiène.
LUTZ, *, * I.	Cryptogamie et Microbiologie.
FABRE, * I.	Toxicologie.
LAUNOY, O. *, * I.	Professeur sans chaire.

Doyen Honoraire : M. RADAIS, O. *, * I.
Proesseurs Honoraires : MM. A. VILLIERS, *, * I.
DELEPINE, O. *, * I.
GUERBET, O. *, * I.

Chargés de cours.

MM.	
Marc HONORAT, *, * I.	Législation et Déontologie pharmaceu- tiques.
LAUNOY, O. *, * I.	Pharmacodynamie.
DELABY, *, * I.	Minéralogie.
BACH, * I.	Microbiologie.

Agrégés en exercice.

MM. DELABY, *, * I.	MM. MASCRE, * I.	MM. BEDEL, * I.
	FLEURY, * I.	
PICON, * I.	BACH, * I.	REGNIER, * I.

Chefs des travaux pratiques.

MM.	
BEDEL, * I., agrégé chargé des T. P. de 1 ^{re} année.	Chimie générale.
FLEURY, * I. et REGNIER, * I., agré- gés, chargés des travaux de.	Chimie analytique.
SOUEGES, * I.	Micrographie.
LEROUX, * I.	Physique.
DEVAL, * I.	Microbiologie.
DELABY, *, * I., PICON, * I. et MASCRE, * I., agrégés chargés des	Travaux généraux de 4 ^e année.

Bibliothécaire en Chef : M. BERNARD, * I.



A MON PÈRE

VITALIS MAZLOUM BEY

Officier de l'Ordre du Nil
Pharmacien au Caire

*En témoignage d'affection
et de profonde reconnaissance*

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

M. LE PROFESSEUR SOMMELET

Pharmacien des Hôpitaux de Paris
Chevalier de la Légion d'Honneur

*Hommage de profonde et respectueuse
reconnaissance.*

INTRODUCTION

Pour la plupart des eaux minérales françaises, on ne disposait jusqu'à ces dernières années, que d'analyses plus ou moins anciennes. L'Institut d'Hydrologie fait pour les plus importantes d'entre elles, une révision, qui met en œuvre les ressources modernes de l'analyse chimique et physico-chimique. Le travail considérable que nécessite une analyse minutieuse, n'a permis jusqu'ici d'aborder qu'un petit nombre de stations et dans celles-ci, un nombre assez restreint de sources. C'est précisément le cas de Contrexéville, dont les sources ne paraissent pas avoir été analysées depuis 1864. L'Institut d'Hydrologie vient d'entreprendre l'étude de la source Pavillon.

J'ai pensé qu'à côté de ces recherches d'ordre scientifique élevé, il y avait quelque intérêt pratique à examiner comparativement l'eau des sources qui accompagnent la source Pavillon dans le domaine thermal de la Société des Eaux de Contrexéville.

D'autre part, il était également intéressant de voir, entre quelles limites varient les teneurs des principaux constituants de l'eau.

M. le Professeur Sommelet a suggéré ainsi, de suivre pendant les mois d'Octobre à Mars, les variations des principaux éléments des eaux de ces sources, l'alcalinité totale, les extraits secs et sulfatés et de faire pour les eaux d'Octobre l'analyse quantitative de quelques autres éléments, qui tout en ne figurant dans l'eau qu'en faibles quantités, ont cependant leur importance. J'ai attaché une importance spéciale au choix des méthodes analytiques.

Un coup d'œil jeté sur les chiffres obtenus depuis 1852, avec les eaux de Contrexéville, par des auteurs dont l'habileté ne fait pas de doute, suffit pour relever des écarts considérables.

Certes, l'eau de Contrexéville, sur une aussi longue période a dû subir quelques variations notables, mais il est douteux que pour le chlore et le sodium entre autres, ces variations aient atteint une amplitude allant du simple au décuple.

J'ai toujours éprouvé les techniques analytiques adoptées sur des solutions de titres connus, dont la composition se rapprochait le plus possible de celle des eaux que j'ai eu à examiner.

Mon travail a été divisé en trois parties. Dans la première, j'ai retracé l'histoire de Contrexéville, depuis la découverte de la source principale; je me suis attardé sur les travaux de ceux qui ont été les premiers à étudier les eaux; j'ai donné les résultats de leurs analyses.

J'ai relaté à la suite de cet exposé, l'histoire du captage et l'exploitation des six sources.

Dans la deuxième partie, j'ai rassemblé quelques considérations d'ordre hydrogéologique intéressant la région. J'ai ensuite donné un aperçu du travail des auteurs qui se sont occupés du dosage de quelques éléments des eaux et les analyses plus complètes d'Ossian Henry, du Bureau d'essai de l'Ecole des Mines, de Debray et de Braconnier.

La troisième partie de mon travail est consacrée à l'exposé des méthodes que j'ai suivies, aux résultats de mes analyses et aux conclusions que je me permets de tirer de l'étude effectuée.

Je désire exprimer ici à M. le Professeur Sommelet le sentiment de ma très profonde et respectueuse reconnaissance, pour la bienveillance avec laquelle il a toujours suivi mes efforts, pour ses encouragements constants et les précieux conseils qu'il n'a cessé de me prodiguer.

Je remercie MM. les Professeurs Fabre et Delaby pour l'honneur et le plaisir qu'ils m'ont procuré en acceptant de faire partie de mon Jury.

A M. R. Charonnat, assistant de M. le Professeur Sommelet, mes sincères remerciements et le sentiment de ma vive reconnaissance, pour l'intérêt qu'il a témoigné à mon travail, ses bons conseils et l'aide qu'il m'a toujours apportée.

Ce travail a été rendu possible, grâce à l'amabilité de la Société des Eaux de Contrexéville, qui a bien

voulu me faire parvenir, aussi régulièrement que l'ont permis les conditions atmosphériques, les eaux nécessaires à mes analyses.

Je prie M. R. Roche, directeur commercial de la Société, d'accepter mes bien sincères remerciements pour son concours bienveillant et constant.

Première Partie

HISTORIQUE

Histoire de la station

Contrexéville est un joli bourg du département des Vosges, d'un millier d'habitants, dans le vallon verdoyant du Vair, à 342 mètres d'altitude. Autrefois un village presque inconnu du Duché de Lorraine c'est aujourd'hui, grâce à ses sources d'eau minérale, une des stations les plus importantes de France.

Lorsque l'on parle d'une station hydrominérale il est d'usage de faire remonter son histoire au moins jusqu'aux Romains. Contrexéville ne peut revendiquer pareil honneur. Certains prétendent sans preuves concluantes à l'appui, que cette station était connue des conquérants de la Gaule. On a fait remarquer par exemple que Contrexéville pourrait être tiré de Contra-aquas-villas, ce qui dénoterait leur passage, d'autres au contraire réfutent catégoriquement cette hypothèse. Il est peu probable que les eaux froides de Contrexéville aient attiré l'attention des Romains qui n'ont le plus souvent utilisé que des eaux chaudes : Plombières, Luxeuil, Bains,

Bourbonne pour ne citer que des stations voisines où les vestiges romains sont évidents.

Il n'est pas douteux que l'empirisme a utilisé depuis bien longtemps l'eau minérale de Contrexéville. Mamelet [25] rapporte en 1840 que les habitants des villages voisins de temps immémorial en ont fait usage contre les maladies des voies urinaires et contre quelques maladies rebelles de la peau.

La tradition fait remonter à 1759 la spécialisation actuelle de l'eau de Contrexéville.

« Une jeune demoiselle, âgée de 10 ans, dit Bagard [3], était tourmentée de la pierre, on la conduisit, il y a deux ans, à Lunéville, pour souffrir l'opération de la taille, ayant déjà été sondée auparavant et condamnée à cette cruelle opération. La saison ne s'étant pas trouvée propre on la différa. Cette enfant diminuait tous les jours et on attendait une mort certaine.

« On la fit venir à Bourmont qui n'est pas éloigné de Contrexéville, et dès le premier printemps qui était celui de 1759, on lui fit prendre les eaux de Contrexéville qu'on allait puiser à la fontaine. Elle se trouva d'abord considérablement soulagée, elle commença à retenir ses urines et à reprendre de l'embonpoint. Ayant continué les eaux à l'arrière-saison, elle s'est trouvée de mieux en mieux.

« Enfin elle est allée au printemps dernier à Contrexéville où elle a passé une quinzaine de jours et est revenue à Bourmont.

« Quelques jours après son retour, elle ressentit

des douleurs très aiguës à la vessie et à son col, qui lui causèrent une espèce de faiblesse : le lendemain, pareil accident lui survint, mais le surlendemain matin à son lever, elle prit le pot de chambre pour uriner, elle rendit à ce moment, sans peine, une pierre de la grosseur d'une grosse balle de calibre mais irrégulière qui tomba comme un plomb dans le pot. »

Un tel résultat, qui à ce moment-là tenait du miracle, parvint à la connaissance du roi Stanislas de Lorraine; celui-ci s'empressa d'envoyer son premier médecin, Bagard, qui examina les eaux, recueillit les témoignages des personnes qui avaient été soulagées par elles et fit un rapport qu'il lut le 10 janvier 1760 devant la Société Royale des Arts et Sciences de Nancy.

« Les eaux minérales de Contrexéville, conclut Bagard, sont souveraines dans les maladies des reins, des uretères, de la vessie et de l'urèthre, telles que la pierre, la gravelle, les glaires, les suppurations, les ulcères de ces parties et les carnosités de l'urèthre. Nous osons avancer, sur des témoignages non suspects que les eaux de Contrexéville sont souverainement efficaces contre la pierre qu'elles détachent et font sortir de la vessie quand elle n'est que d'une grosseur médiocre; qu'elles ont la propriété de dissoudre en fragments celles qui sont plus grosses et d'une nature plâtreuse et gravelleuse même celles qui sont en partie plâtreuses et en partie murales. »

Quelle est l'autorité scientifique de Bagard ? De

Feller [13] dans son Dictionnaire historique, en 1832, lui consacre ces quelques lignes :

« Bagard (Charles), premier médecin de Stanislas, roi de Pologne, né en 1696 à Nancy, où il mourut... publia plusieurs ouvrages de médecine de peu d'intérêt sur la petite vérole, la thériaque, les eaux minérales de Nancy et de Contrexéville... »

Nous retiendrons tout de même de Bagard qu'il fut le premier à faire valoir devant le monde médical les vertus des eaux de Contrexéville; son nom doit donc être associé à l'origine de cette station.

Bagard [3] mourut en 1772 sans publier d'autres observations scientifiques sur les eaux, mais la renommée des eaux de Contrexéville avait fait son chemin et avait attiré l'attention de la cour du roi de France.

M. Raulin, membre de la Commission de médecins établie par Louis XV et inspecteur des eaux, chargea le docteur Thouvenel [32] de fournir un rapport officiel sur les eaux de Contrexéville. Thouvenel publia en 1774 un « Mémoire Chymique et Médicinal sur les principes et vertus des Eaux minérales de Contrexéville en Lorraine ».

« Mémoire dédié à Monseigneur de Chaumont. Chevalier, marquis de la Galaizière, maître des requêtes et intendant des duchés de Lorraine et Barrois. » Dans sa dédicace, Thouvenel dit :

« ... Recevez-en l'hommage avec bonté; ce sera pour moi l'heureux présage d'utilité de mon travail et pour le public, le garant de l'attention que vous

voudrez bien accorder à la source de Contrexéville qui dans son état de célébrité naissante, manque, pour ainsi dire, de tout ce qui peut la féconder et l'accroître. »

Thouvenel confirma qu'avant Bagard, personne ne s'était occupé sérieusement de faire valoir les eaux de Contrexéville. Il trouva, lui aussi, la « Fontaine » dans un piteux état et grâce à la générosité de l'abbé de Bouville, fit capter et utiliser deux sources. Thouvenel avait été chargé surtout de faire l'analyse des eaux. Avant lui, Bagard avait essayé de les définir, mais ce qu'il en fait connaître ne saurait passer pour une indication analytique. Il dit par exemple que les eaux sont savonneuses et saxifrages, qu'elles contiennent du bitume, qu'elles verdissent le sirop de violettes, etc.

Thouvenel a fait au moins quelques recherches qualitatives. Il nous dit d'abord que cette source vient très profondément des entrailles de la terre, et qu'elle fournit 8 pieds 8 pouces cubes d'eau par minute, soit 275 litres-minute.

Ces opérations chimiques comportent surtout des évaporations à siccité de grandes quantités d'eau, des évaporations partielles, distillations des résidus avec et sans esprit de vin, etc. C'est ainsi que dans son rapport il mentionne la présence, dans les eaux, « d'un sel marin à base terreuse, sélénite et sel de seidlitz » et plus loin il énumère les éléments qu'il estime avoir trouvés et que je transpose en langage moderne : calcium, sodium, magnésium, chlore, sul-

fates, matières organiques, acide carbonique et carbonates.

Thouvenel [32] se dépensa pour faire aménager les sources et pour y attirer une clientèle.

Quatre ans après la publication du mémoire de Thouvenel, parut un ouvrage sur l'analyse de l'eau de Contrexéville :

« Analyse de l'eau de Contrexéville. Dissertation chymique sur les Eaux Minérales de la Lorraine par Monsieur Nicolas, Maître ès Arts et en Pharmacie, Démonstrateur Royal de Chymie, en l'Université de Nancy, 1778. »

Cette fois c'est un pharmacien qui est l'auteur de ce travail et, plus familiarisé avec les choses de la « Chymie », il donne naturellement plus de précisions. Je m'empresse de dire que son mémoire, fort intéressant à consulter, cite des chiffres pour la première fois. Nicolas, de Nancy, est donc l'auteur des premières analyses quantitatives de l'eau de Contrexéville [28].

Après description de l'eau qui concorde avec celle de Thouvenel, Nicolas dose certains éléments au cours de vingt-huit expériences. Ses expériences portent sur la source principale : Pavillon.

Il remarque que cette eau perd son goût ferrugineux par le transport.

En évaporant 25 pintes, à une température ne dépassant pas 100° centigrade, il en retire 512 grains de résidu soit, d'après lui 10 1/4 grains par livre.

Ceci correspond à 1,1440 grammes par litre.

Je rapporte ici les conclusions de Nicolas :

« 1° Il résulte de toutes ces expériences que les eaux de Contrexéville, tiennent dans un vrai état de dissolution par moyen du gaz ou fluide électrique environ un quart de grain de fer par livre d'eau (soit 0,028 grammes par litre) ;

« 2° Que la terre calcaire qui s'y trouve y est aussi combinée avec le gaz, ce qui produit une espèce de sel neutre susceptible de décomposition, pour peu que la chaleur à laquelle il seroit exposé fut supérieure au degré que donne au thermomètre l'eau qui le tient en dissolution ; ce qui rend ces eaux très difficiles à transporter sans altération ;

« 3° Que ces eaux sans avoir un goût piquant bien marqué ont cependant action sur des matières terreuses et métalliques ;

« 4° Que le sel marin à base terreuse qui s'y trouve peut être évalué à 1 1/2 grain par livre (soit 0,168 grammes par litre) ;

« 5° Qu'il existe naturellement dans ces eaux, environ un demi-grain de sel seidlitz par livre (soit 0,056 grammes par litre) ;

« 6° Qu'une livre de ces eaux contient à peu près 5 grains de sélénite calcaire (soit 0,560 grammes par litre) ;

« 7° Il ne se trouve dans ces eaux ni bitume, ni matière grasse quelconque, mais seulement un peu de phlogistique uni aux substances calcaires que contiennent ces eaux ;

« 8° Enfin que la couleur noire que prend le résidu des eaux de Contrexéville par la calcination est en partie due au fer que contiennent ces eaux et à la petite quantité de phlogistique qui accompagne les substances terreuses. »

Nicolas a donc obtenu les résultats suivants :

	GRAMMES PAR LITRE
Carbonate de fer.....	0,028
Chlorure de sodium.....	0,168
Sulfate de magnésie.....	0,056
Sulfate de chaux.....	0,560
Carbonate de chaux.....	Non apprécié.
Acide carbonique libre.....	Non apprécié.
Résidu sec à 100°.....	1,144

Evidemment, les méthodes analytiques sont très critiquables; cependant ce résultat nous donne une idée de l'eau il y a un siècle et demi.

Nous voyons donc que vers 1780, on s'occupait déjà de Contrexéville. La station devenait à la mode, la cour y allait pour y faire sa cure annuelle, rafraîchir un organisme régulièrement intoxiqué par une alimentation trop riche et trop abondante.

Le voyage était long et fatigant, les aménagements précaires, cependant la valeur curative des eaux compensait tous les ennuis du déplacement. Contrexéville aurait connu une tout autre prospérité, dans les années qui suivirent, si les événements de 1789 n'étaient venus troubler son progrès.

En effet, l'émigration priva Contrexéville de ses principaux clients. L'oubli dont souffrirent toutes les villes d'eau, causa un tort énorme à cette station, dont le succès s'ébauchait à peine. Pas de malades, pas d'études scientifiques sur les eaux. Aussi faut-il attendre cinquante ans avant de voir renaître la prospérité de Contrexéville.

En 1827, par exemple, on n'y voyait plus guère par an que soixante à quatre-vingts personnes, d'après Fodéré [15 et 26]. Cet auteur, professeur à la Faculté de Strasbourg, publia en octobre 1827, une analyse des eaux du Pavillon, analyse qu'il exécuta à Contrexéville même. Ses résultats sont plus intéressants que ceux des trois auteurs précédents, car entretemps, et à la suite des découvertes de Lavoisier, la chimie analytique s'était beaucoup développée. Fodéré établit la présence des éléments principaux : acide carbonique libre, carbonate, sulfate et chlorure de chaux, de magnésie, du fer carbonaté, démontrant que ce dernier élément se précipite au fur et à mesure de l'exposition de l'eau à l'air.

Fodéré évapore lentement 44 onces d'eau du Pavillon, il constate que cette eau se trouble et blanchit, et obtient 53 grains de résidu, de la composition suivante :

GRAMMES PAR LITRE

Sulfates de chaux et de magnésie.	24 grains	0,9470
Carbonates de chaux et de magnésie et peut-être un peu d'alumine.	23 »	0,9080
Muriate de chaux et magnésie....	1,5 »	0,0592
Oxyde de fer environ.....	1,5 »	0,0592
Silice.	2,5 »	0,0987
Matière organique.....	0,5 »	0,0197
TOTAL.....		
	53 grains	2,0918

Fodéré [15] analysa aussi le dépôt ocreux qu'il préleva dans le bassin. Voici ses résultats sur un poids de 24 grains :

Carbonate de fer.....	10 gains, soit	41,66 %
Sulfate de chaux.....	7 »	29,17 %
Alumine.	4 »	16,66 %
Silice.	2 »	8,33 %
Fer.	1 »	4,17 %

Presque au même moment, Octobre 1828, M. Collard, de Martigny [8], analysa aussi les eaux de Pavillon. Ici encore, l'eau est « évaporée au feu doux d'une lampe évaporative ». Quatre livres d'eau lui donnent 4,559 grammes de résidu « brillant, lamelleux, cristallin ».

Le résidu est ensuite soumis à l'action de l'alcool à divers degrés de concentration, à l'action de l'eau froide et bouillante, à celle de l'acide chlorhydrique et du bicarbonate de potasse.

Ces diverses manipulations permettent à M. Collard d'affirmer la présence et les proportions des composés suivants :

GRAMMES PAR LITRE	
Sulfate de chaux.....	1,0795
Sulfate de magnésie.....	0,0215
Sous-carbonate de chaux.....	0,8055
Sous-carbonate de magnésie.....	0,0165
Sous-carbonate de soude.....	0,0035
Muriate de chaux.....	0,0380
Muriate de magnésie.....	0,0115
Nitrate de chaux.....	Traces.
Protoxyde de fer surcarbonaté.....	0,0905
Silice.	0,1780
Matière organique insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool surtout à chaud, peu soluble dans l'éther.....	0,0335
Perte.	0,0015
TOTAL.....	2,2795

Fodéré [15] et Collard [8] ont obtenu des chiffres fort intéressants.

GRAMMES PAR LITRE	
En 1827, Fodéré trouve un résidu sec de....	2.0918
En 1828, Collard trouve.....	2,2795
Pour octobre 1924 j'ai trouvé.....	2,2310
Pour octobre 1931.....	2,2410

L'eau de Pavillon n'a donc pas beaucoup varié depuis 1827.

Collard et Fodéré ne sont pas d'accord sur certains éléments trouvés. Collard n'admet pas la présence d'alumine dosée par Fodéré, tant dans les eaux que dans les dépôts des bassins. Fodéré n'a pas trouvé du sous-carbonate de soude et de nitrate de chaux mentionnés par Collard. Tous deux sont d'accord pour nier la présence du chlorure de sodium que Nicolas avait trouvé et dosé. Aussi attribuent-ils cette erreur à l'imperfection des méthodes employées par le pharmacien de Nancy.

Collard fit ensuite l'analyse des gaz dissous. Il trouva que l'eau dégageait un peu moins des deux tiers de son volume de gaz, de la composition suivante :

Oxygène.	11
Azote.	30
Acide carbonique.	59

Il fit alors l'analyse des dépôts du bassin et y retrouva du fer, de la silice, du sous-carbonate et sulfate de chaux, des traces de magnésie, d'ammoniaque et même exactement 3 % de... mousse.

On admettait alors, que les traces d'ammoniaque provenaient de l'action sur l'azote atmosphérique de l'hydrogène naissant, formé par suite de décompositions chimiques.

A.-F. Mamelet [25], que j'ai déjà cité, était un ancien chirurgien militaire. Thouvenel le fit venir

à Contrexéville et ils collaborèrent de nombreuses années pour faire connaître les eaux de cette station.

Si l'on doit à Bagard et à Thouvenel la création de cette station, c'est surtout Mamelet qui l'a fait connaître au monde médical de l'époque.

Il publia en 1825 une « Notice sur les propriétés physiques, chimiques et médicinales des eaux de Contrexéville » bien conçue et agréablement écrite; elle fut lue autant par les buveurs que par les médecins. Il y eut quatre éditions de 1825 à 1851. Si Mamelet [25] n'apporta guère de contribution personnelle à l'étude des eaux, on lui doit d'avoir rassemblé et commenté toutes les analyses antérieures qui nous échapperaient sans cette notice. A côté de ses nombreuses observations cliniques, il donna un bref aperçu des propriétés physiques de l'eau et de la méthode de captage de la source Pavillon.

Peu d'ouvrages sur Contrexéville ont connu un succès égal. Contrexéville vit affluer un nombre de malades croissant chaque année.

A partir de ce moment, les travaux sur les eaux deviennent de plus en plus nombreux, mais il faut avouer que la plupart des auteurs, se contentent de reproduire les notices précédentes, de recopier, infidèlement parfois, de vieilles analyses.

A côté de ces publications, je citerai seulement celle du docteur Treuille [37], qui, ayant été soigné à Contrexéville, en fut si satisfait qu'il rassembla toutes les informations utiles à connaître concernant

cette station, et publia une notice, qu'il accompagna de sévères remarques, sur le captage et l'aménagement des sources.

Ossian Henry [18] en 1852 et le Bureau d'essai de l'Ecole des Mines [7] en 1858 et 1859, analysèrent la série des eaux minérales de Contrexéville. Fait curieux, les résultats d'Ossian Henry sont systématiquement plus élevés que ceux du Bureau d'essai de l'Ecole des Mines. Naturellement, ce sont les chiffres d'Ossian Henry que l'on mit en vedette, en publiant les analyses des sources, comme s'il était bien établi que l'action thérapeutique des eaux est directement proportionnelle à leur minéralisation.

En 1864, Debray [10], membre de l'Institut, analysa l'eau de la source Pavillon.

Le travail le plus complet, sur les eaux des sources de Contrexéville est dû à Braconnier, ingénieur des mines à Nancy, qui s'est occupé plus généralement des sources vosgiennes. J'exposerai plus loin ses observations d'ordre géologique et chimique. Je n'ai malheureusement pas pu me procurer le travail de Braconnier, je n'en ai eu connaissance que par l'extrait donné par MM. Bordas et Guillerd [5] dans leur article sur les eaux du trias vosgien. Braconnier a analysé en particulier l'eau du Pavillon, mois par mois, de janvier à juin 1879.

II

Le captage de la source Pavillon

A l'époque où Bagard [3] a visité Contrexéville, la venue d'eau, qui est aujourd'hui la source du Pavillon, jaillissait dans un endroit marécageux d'accès difficile, entourée de toutes parts d'eau stagnante et boueuse; l'eau minérale était largement diluée par de l'eau commune; l'aspect de cette source devait être peu encourageant, car on a noté lors de la miraculeuse guérison qui fit la renommée de Contrexéville que l'on avait puisé l'eau à l'endroit où elle paraissait la plus claire. Voici d'ailleurs ce que dit Bagard au sujet de la source Pavillon :

« Vers le milieu du village, au pied d'une maison, sort une source abondante qui donne naissance à la rivière de Verre, laquelle se partage en deux branches : l'une coule au pied de la montagne qui est au couchant, l'autre traverse le village qui est au Midi, et reçoit les eaux de plusieurs fontaines particulières, en sorte que depuis la source de cette rivière, qui coule à l'orient Contrexéville est une presque île environnée d'eau de part et d'autre.

« C'est au centre de cette isle, au milieu d'un jardin verger humide dans toute son étendue que se trouve, au couchant du village, la Fontaine minérale qui est éloignée de l'une et de l'autre montagne d'environ quatre-vingts toises.

« Il serait à désirer que ces sources, et le continent dans lequel elles sont enfermées, fussent entretenues, réparées et conservées sous les ordres et la direction d'un architecte sage et intelligent qui prît toutes les connaissances et les mesures les plus justes pour empêcher que les eaux étrangères ne s'y mélassent et pour détourner les débordements de la rivière et du déchargeoir. »

Plus tard, en marge d'une édition ultérieure de son ouvrage, Bagard écrivait à propos des réparations qu'il avait préconisées.

« ... On a construit un nouveau bassin de quatre pieds de diamètre, enfermé d'un mur en bois de dix pieds, et la source est couverte d'un toit » (1).

On s'était donc contenté d'aménager les abords immédiats de la source, de les rendre plus ou moins accessibles et de les soustraire à l'action de la pluie et des poussières, des eaux de surface et de la végétation. A ce propos, il est bon de noter, que l'eau fut d'abord classée comme sulfureuse, mais Bagard se rendit vite compte que ce n'était point sa vraie nature et que les odeurs sulfhydriques provenaient

(1) C'est probablement à la construction de ce pavillon que la source doit son nom.

uniquement de la décomposition des matières végétales qui se trouvaient aux abords immédiats de la source.

Bagard [3], avait très justement reconnu la nécessité d'un captage correct mais les travaux entrepris furent bien insuffisants, car en 1774, lorsque Thouvenel arriva à Contrexéville, la protection de la fontaine était de nouveau bien précaire. Thouvenel, rapporte dans son mémoire les faits suivants :

« Depuis 1760, le mauvais état où était cette source, corrompue par le mélange des eaux d'un marécage au fond duquel elles sont situées, d'une source d'eau commune qui, à neuf pieds en terre coupait la source minérale, a mis obstacle à la célébrité que Bagard croyait lui être due. »

« Telle était la fonction de cette Fontaine, lorsque M. l'abbé de Bouville, à la suite de deux opérations de la pierre, s'y rendit au mois d'août 1773. Il reconnut d'abord la cause de l'altération de ces eaux dans la construction même de la Fontaine, qui n'était défendue du mélange des eaux étrangères que par une boîte de planches, mises pour contenir les terres et qui, par laps de temps, étaient totalement consommées par pourriture. »

Thouvenel [32], grâce aux subsides de l'abbé de Bouville (le propriétaire étant complètement dénué de ressources) essaya de mettre « à jamais cette Fontaine à l'abri de toute espèce de filtration ».

« Des fouilles furent faites sous la direction du docteur Thouvenel : à quarante pieds de profon-

deur, on trouva la source pure et on eut la certitude qu'elle ne pourrait plus être altérée par d'autres eaux. Alors, on construisit un puits en maçonnerie, bien cimenté et corroyé, qui mit l'eau minérale à l'abri de tout mélange. Tel est encore l'état de cette fontaine. »

D'après Mamelet [25], il n'existe aucun écrit relatant les travaux qui ont été faits pour détourner les eaux qui altéraient la pureté de cette fontaine. Ces renseignements lui ont été donnés par Drouillot, le propriétaire de ces eaux, qui disait les tenir de son père et du docteur Thouvenel.

Thouvenel ordonna la construction de l'établissement thermal. D'autre part, ayant découvert une source d'eau dans le lit même du Vair, il en fit l'analyse. Comme cette source présentait les mêmes caractères que celle du Pavillon, il la fit capter pour alimenter les thermes.

Les projets de Thouvenel ne furent pas réalisés sans peine et ses efforts pendant quinze années furent totalement perdus. L'émigration priva Contrexéville de ses habitués dont la majorité était composée de l'aristocratie et d'une importante clientèle anglaise. « La pauvre source resta triste et délaissée toujours avec ses qualités bienfaisantes » disait un auteur anonyme en 1837 [1].

Les travaux de Thouvenel [32] cependant, furent plus durables que ceux préconisés par Bagard. Le captage était encore solide en 1851, mais, malgré l'afflux croissant des buveurs, l'aménagement des sour-

ces était encore fort imparfait. Le docteur Treuille, en 1858, réclamait des modifications immédiates. « La source principale, dit-il, celle du Pavillon ou de la Buvette, se trouve aujourd'hui exactement telle qu'elle était installée au dernier siècle... d'autre part, pour remplir son verre à cette source du Pavillon, il faut descendre trois marches, puis encore se baisser au niveau du sol. Il est facile de concevoir que ce mode compliqué de puisement devient souvent difficile aux personnes âgées, qu'il est toujours pénible aux dames, impossible aux gouteux. »

La nécessité de refaire le captage s'imposa en 1858. A cette époque, l'Inspecteur des eaux de Contrexéville fit creuser un puits, dans sa propriété, à 112 mètres de la source Pavillon. Il y installa deux pompes qu'il fit actionner et obtint un débit de 6 litres-minute; par une coïncidence curieuse, la source du Pavillon tomba du même coup au chiffre très bas de 7 litres-minute. Jutier, ingénieur des Mines, fut chargé de recapter la source Pavillon. Il fallait non seulement mettre la source à l'abri des eaux étrangères, mais aussi empêcher son détournement au profit de puits voisins.

A la suite de cet incident, les propriétaires de la source obtinrent la déclaration d'intérêt public, le 4 août 1860 (l'autorisation d'exploitation avait été accordée en 1856) et un périmètre de protection fut attribué le 20 juin 1861.

L'autorisation d'exploiter le nouveau puits ayant été donnée en 1861, la Société des eaux de Contrexé-

ville qui avait en vain combattu la demande s'empressa d'acquérir le puits. Elle reconnut en 1862 que le fléchissement dans le débit de Pavillon n'était dû qu'aux défauts dans le captage. Jutier, au moyen d'un puits de deux mètres et d'un corroi d'argile, porta en 1859, le débit de la source Pavillon à 200 litres-minute, alors qu'auparavant, ce débit ne dépassait pas 70 litres-minute.

Le griffon de la nouvelle source fut épuisé par une pompe puissante et maintenu à sec pendant 22 heures. Malgré ce violent appel d'eau le débit de Pavillon qui était alors de 170 litres avant l'expérience ne tomba pas, pendant la durée de celle-ci, au-dessous de 154 litres-minute, soit une réduction inférieure à 10 %.

De nouveaux sondages aux abords du périmètre de protection ayant donné deux nouvelles sources minérales, la Société des eaux s'inquiéta de nouveau pour la conservation de ses sources et demanda l'extension du périmètre de protection. Cette extension, combattue par le Service des Mines, fut néanmoins reconnue nécessaire et un décret du 2 mars 1885 accorda une superficie de 22 ha 62 comme aire de protection. De nouvelles demandes d'extension en 1906 et 1908 consécutives à de nouveaux sondages exécutés dans des propriétés voisines ne furent pas acceptées par les organismes officiels.

Le captage de Jutier fut conservé jusqu'en 1908; à cette date il suffit de refaire le corroi d'argile; depuis, on s'est contenté de remplacer les tuyaux du

trop-plein vers l'usine de l'embouteillage; on a substitué de l'étain pur aux tuyaux de fonte.

Le débit de la source Pavillon qui s'éleva jusqu'à 215 litres-minute le 2 mars 1876 à la suite d'une abondante fonte de neige, a sensiblement varié par la suite. Retombé à 127 litres-minute le 15 mars 1879, il oscille annuellement entre 90 et 140 litres-minute suivant les saisons.

*
**

Pavillon est la principale source de Contrexéville; parallèlement aux améliorations de son captage on a développé l'Etablissement thermal où les malades viennent boire l'eau et recevoir des soins hydrothérapiques.

Pour avoir une installation moderne, l'Etablissement thermal a été reconstruit dans sa totalité en 1910.

Il comprend la buvette abritée par la coupole du Pavillon, les galeries promenoir et les thermes. Il forme un bel ensemble architectural gréco-byzantin; de plain-pied avec l'établissement s'étend un très beau parc.

Afin de faciliter le traitement, quatre autres sources, Quai, Prince, Souveraine et Duchesse ont été groupées sous la colonnade des galeries-promenoirs, à quelques mètres de la source Pavillon.

III

**Le captage de la source
des Bains ou Prince
et de la source du Quai**

La première fut découverte par Thouvenel [32] en 1774; elle sourdait dans le lit même du Vair, vers la rive gauche. Thouvenel, ayant remarqué qu'elle ressemblait beaucoup à l'eau du Pavillon, la fit enfermer dans l'établissement, lors de la construction du quai qui existe le long de la cour; son griffon est à 40 mètres de celui de la source Pavillon.

Plus tard cette source acquit le nom de Prince à cause du pavillon que le Prince de Poix avait fait bâtir dans le voisinage.

La source du Quai jaillissait tout à côté de la précédente. Jusqu'à l'époque de Treuille [37] et de Rotureau [31] (1858-1859) on ne se préoccupa point de les capter.

« Elles coulent à l'air libre, dit Treuille, sans être mises à l'abri contre aucun des accidents atmosphériques; à peine sont-elles défendues par un fond de tonneau, contre les couches argileuses. Les feuilles,

branchages et herbes des végétaux qui les entourent, y tombent en pleine liberté. »

En 1859, Jutier qui dirigeait les travaux de captage du Pavillon, s'occupa aussi de ces deux sources, et les aménagements qui furent faits, étaient sur le modèle de la source du Pavillon. Pour la source du Prince on construisit un puits de 2 m. 65 de profondeur. L'eau s'échappait au niveau du sol, son débit était alors de 30 litres-minute.

Le puits de la source du Quai, à peine moins profond (2 m. 60), est plus exigu que celui de la source du Prince, mais son débit atteignait 60 litres-minute.

Actuellement, ces puits sont recouverts. Des tuyaux de grès amènent leurs eaux en partie des deux côtés de la porte d'entrée de l'établissement où elles coulent chacune dans une petite vasque en porphyre; le reste est canalisé vers les chaudières où l'eau est chauffée avant d'être distribuée dans les bains. L'excédent se déverse dans le Vair.

L'eau de ces deux sources, ressemble beaucoup à celle du Pavillon. La température est plus basse de 1 degré, la limpidité est parfaite. Elle est cependant peu employée en boisson, son usage principal étant l'alimentation de l'établissement thermal; on ajoute à cette eau, si besoin est, le trop-plein du Pavillon.

Baudrimont et Lepage ont attribué à l'eau de la source du Prince une composition plus riche en fer et en arsenic et à celle du Quai plus de magnésium que l'eau du Pavillon. Je n'ai pu me procurer le détail de leurs analyses.



IV

Le captage des sources Souveraine et Duchesse

La source de la Souveraine est le résultat d'un forage que l'inspecteur Baud fit pratiquer dans sa propriété vers 1860. J'ai relaté précédemment les rapports de cette source avec celle du Pavillon.

Une autre source, nommée Duchesse, en raison d'une archiduchesse russe qui possédait un hôtel voisin, a son griffon à une dizaine de mètres de celui de la source Souveraine.

Ces deux sources présentent une similitude remarquable, la Souveraine étant un peu plus minéralisée que la Duchesse.

L'eau de ces deux sources est employée en boisson, celle de la Souveraine étant plus riche en magnésium et ne contenant soi-disant pas de fer.

Celle de la Duchesse, à cause de sa faible minéralisation, est souvent nommée « eau de Pavillon atténuée ».



V

Le captage de la source

Le Clerc

Cette source se trouve à 125 mètres au S.-E. de la source du Pavillon sur la rive droite du Vair. Elle est le résultat d'un forage de six mètres de profondeur, pratiqué vers 1880, dans le jardin du docteur Le Clerc; son débit très faible atteignait 3,8 litres-minute. L'autorisation d'exploitation date du 29 décembre 1882. Cette source fut acquise en 1895 par la Société générale des eaux minérales et bains de mer, puis finalement par la Société des eaux minérales de Contrexéville. Cette dernière a récemment poussé plus profondément le forage et a porté le débit de la source à un taux bien supérieur à celui de la source du Pavillon. L'eau est amenée par des canalisations à l'usine où elle est embouteillée sous le nom de « Légère ».

*
**

Plusieurs autres sources d'eau minérale sont connues sur le territoire de Contrexéville. Je me suis

borné à l'étude des eaux qui appartiennent à la Société des eaux minérales de Contrexéville.

Trois proviennent de sources naturelles : Pavillon, Prince et Quai qui ont une minéralisation presque égale. L'eau de Pavillon est employée surtout en boisson ; Prince et Quai servent surtout à alimenter l'établissement des bains.

Les trois autres, Souveraine, Duchesse et Le Clerc sont des forages. Le Clerc se rapproche beaucoup de Pavillon par sa minéralisation et sa température. Souveraine et Duchesse se ressemblent beaucoup entre elles par leur température, et par leur minéralisation qui est à peu près les deux tiers de celle du Pavillon.

La source Le Clerc est embouteillée concurremment avec la source Pavillon, les deux autres sont employées quelquefois pour la cure de boisson.

Deuxième Partie

**TRAVAUX
ANTÉRIEURS**

I

Analyses des eaux

En retraçant l'histoire de Contrexéville, j'ai donné un aperçu des analyses de l'eau de Pavillon faites à la source par Thouvenel [32] 1774, Nicolas [28], 1778, et Fodéré [15], 1827, et Collard [8], 1828.

En 1852, M. Ossian Henry [18] a fait les analyses des sources Pavillon, Souveraine, Quai, et Prince, suivant des méthodes plus modernes. Je donnerai plus loin les résultats qu'il a obtenus.

En 1854, le Bureau d'essai de l'Ecole des Mines [7] s'est occupé des diverses sources de Contrexéville et les résultats de ces analyses figurent à côté de ceux de M. Ossian Henry, dans les tableaux qui suivent.

En 1864, M. Debray [10], membre de l'Institut, a fait l'analyse de l'eau de Pavillon. D'après certains auteurs cette analyse aurait été répétée en 1878 par Willm, et les résultats obtenus par ces deux savants concorderaient parfaitement. Je n'ai pas pu retrouver l'analyse de Willm et ce dernier ne fait aucune mention de ses travaux sur l'eau de Pavillon dans l'ouvrage qu'il publia en 1894 en collaboration avec

M. Jacquot [19] : « Les Eaux Minérales de la France », où l'analyse de Debray seule est citée pour la source Pavillon. Cette dernière analyse est donc la plus récente que j'ai pu consulter.

Nous avons bien, en 1896, l'analyse de l'eau de Pavillon faite par le docteur Labat [22], mais les méthodes employées sont archaïques. Il me paraît impossible de la mettre sur le même rang que les précédentes. L'auteur, comparant ses résultats avec ceux de Debray, trouve deux fois plus de magnésium, un peu plus de calcium et de chlore, moins d'acide sulfurique. Le résidu sec, vaguement obtenu au bain de sable, est relativement élevé. « La silice, le fer, la lithine, dit-il, ne valent pas la peine de la pesée... en somme, au point de vue médical, rien de plus simple que l'analyse du Pavillon, eau faiblement alcaline, fortement sulfatée calcique. »

J'estime que si les éléments dosés par le docteur Labat sont les plus importants des eaux de Contrexéville, il y a, même au point de vue purement médical, tout intérêt à connaître la nature et la quantité des autres éléments.

En 1859, M. J. Lefort [24], publie une analyse de l'eau provenant d'un forage pratiqué à quelques mètres de Pavillon. Cette eau avait été soumise à Lefort, sans indication de provenance, le soin lui était laissé de l'analyser et de la classer d'après ses recherches. Cette analyse est intéressante puisque ce forage reçut son autorisation d'exploitation et

qu'il fut ensuite acquis par la Société des Eaux et nommé « Souveraine ».

Plusieurs auteurs, d'autre part, ont étudié l'eau de Pavillon, non pas au point de vue d'une analyse générale, mais plutôt au sujet de quelques éléments.

Dans l'annuaire des Eaux de France pour 1851 on peut lire que M. Chevallier [2] en opérant sur le résidu de 25 litres d'eau a obtenu, avec l'appareil de Marsh, un très léger anneau d'arsenic et que « les dépôts de l'eau dans les vasques, fournissent une très notable quantité de cet élément ».

En 1854, dans sa Thèse sur les Eaux minérales des Vosges, Pommier [30] mentionne pour Contrexéville les analyses d'Ossian Henry faites deux ans auparavant et confirme, ses essais à l'appui, la présence déjà décelée, d'un principe arsenical, et d'indices d'iode et de brome.

En 1857, Nicklès [27], démontre la présence d'un nouvel élément dans l'eau de Pavillon : le fluor. Il estime, d'après ses essais sur la lame de cristal de roche, que les eaux de Contrexéville sont bien plus chargées en fluor que les eaux de Plombières, dont il avait également fait l'examen.

En 1885, le docteur Cruise [9] mentionne que Tichbourne et Prosser examinèrent les eaux de Pavillon et Le Clerc importées en Angleterre, et trouvèrent pour Pavillon : éléments minéralisateurs 166,7 grains par gallon, soit 2,376 grammes par

litre. Et pour Le Clerc 149 grains par gallon, soit 2,122 grammes par litre.

Les chiffres de Tichbourne et Prosser pour les éléments minéralisateurs de Pavillon concordent bien avec ceux de Debray.

En 1903 Frenckel [16] entreprend une étude systématique de la teneur en lithium des eaux des stations vosgiennes. Il en trouve un peu plus de quatre dixièmes et demi de milligramme par litre d'eau de Pavillon.

En 1924 Léonardon [23] a dosé la teneur en arsenic de l'eau de Pavillon. Cet auteur a trouvé moins d'un millième de milligramme par litre, soit moins de quatre millièmes de milligramme d'arséniate de soude hydraté.

En 1924, M. A. Astruc [38], a dosé le manganèse dans les eaux de Contrexéville. Il a trouvé pour :

Pavillon.	0,010.
Le Clerc.	Indéterminé.
Quai.	0,015
Prince.	0,015
Souveraine.	0,020
Duchesse.	0,030
mgr. par litre.	

En 1925, MM. Jaloustre, Demenitroux, Dame et Maubert [20] ont étudié la radio-activité des eaux de Pavillon et Quai.

Ils ont trouvé pour Pavillon :

Emanation : 0,85 millimicrocuries.

Ra élément : 0,50 millimicrogramme.

et pour Quai :

Emanation : 2,50 millimicrocuries.

Ra élément : 0,33 millimicrogramme.

En 1930 H. Griffon et M^{ie} A. Bernard [17] ont appliqué une méthode de microdosage du potassium au cobaltinitrite, à l'eau de Pavillon. En évaporant 200 c. c. à siccité, reprenant le résidu par 10 c. c. d'eau acétique, centrifugeant pour éliminer le sulfate de calcium, ils ont obtenu les résultats suivants sur une prise d'essai de 4 c. c. représentant 80 c. c. d'eau :

MILLIGRAMMES DE K
PAR LITRE

Premier dosage.....	1,54
Deuxième dosage.....	1,95
Moyenne.	1,75

SOURCE PAVILLON

Analyse de Debray 1864 [19].

GRAMMES PAR LITRE

Acide carbonique libre.....	0,080
Bicarbonate de chaux.....	0,402
» magnésie.....	0,035
» fer.	0,007
» lithine.	0,004
Sulfate de chaux.....	1,565
» magnésie.	0,236
» soude.	0,030
Silice.	0,015
Chlorure de potassium.....	0,006

» sodium.	0,004
Fluorure de calcium.	Traces.
Arsenic.	Traces.
TOTAL.	2,384

Ossian Henry 1852 [18].

Acide carbonique libre. 0,019 litre.

GRAMMES PAR LITRE

Avec un peu d'oxygène.	Indéterminé.
Bicarbonate de chaux.	0,675
» magnésie.	0,220
» soude.	0,197
» strontiane.	Indices.
» fer et manganèse.	0,009
Sulfate de chaux.	1,150
» magnésie.	0,190
» soude.	0,130
» potasse.	Indices.
Chlorures de sodium et potassium.	0,140
» magnésium.	0,040
Acide silicique et alumine.	0,120
Iodures et bromures alcalins ou terreux.	Indices.
Phosphate de chaux et d'alumine, matière organique azotée, principe arsenical (uni au fer sans doute) et perte.	0,070
TOTAL.	2,941

*Analyse du Bureau d'essai de l'Ecole des Mines,
18 août 1859 [7].*

	GRAMMES
Acide carbonique (CO^2).....	0,3600
Acide chlorhydrique (HCl).....	0,0200
Acide sulfurique (SO^3).....	1,1000
Silice (SiO^2).....	0,0100
Protoxyde de fer.....	Traces.
Chaux.	0,9900
Magnésie.	0,0400
Potasse.	Indéterminé.
Soude.	0,3200
Matières organiques.....	Indéterminé.
TOTAL.....	2,8400
Résidu fixe par litre.....	2,5800

Analyse du Docteur M. Labat, 3 février 1896 [22].

	GRAMMES PAR LITRE
Acide sulfurique (SO^3).....	1,0000
Chaux.	0,8200
Magnésie (deux fois plus que Debray).	
Chlorométrie en ClNa	0,0150
Alcalimétrie en $\text{Na}^2 \text{CO}^3$).....	0,2300
Au densimètre.....	1002,1
Résidu au bain de sable.....	2,6000

SOURCE PAVILLON

Éléments dosés	O. Henry 1852	Mines 1859	Debray 1864	Bracon- nier Janvier 1879	Bracon- nier Juin 1879
				Debit	Débit
Acide carbonique libre.	0,019 lit.		80	145	122
Ions Calcium.....	508	707	559,6	588	600
— Magnésium.....	86	24,2	52,9	19	25
— Sodium.....	161	238	11,3		
— Potassium.....	—	—	3,1		
— Fer.....	3	tr.	2,2		
— Alumine.....	traces	—	—		
— Lithium.....	—	—	0,4		
— Silice.....	indéter.	10	15		
— Sulfate.....	1051	1320	1313,8	1272	1296
— Chlorure.....	104	19,5	5,3	7	8
— Iode.....	indices	—	—		
— Brome.....	indices	—	—		
— Fluor.....	indices	—	tr.		
— Carbonate (CO ³)..	420	245,5	167,4		
— Arsenic.....	traces	—	tr.		
— Phosphate (P ² O ⁵)..	—	—	—		
— Extrait sec.....	—	2580	2166		
— Minéralisation totale.....	2941	2840	2384		

SOURCE LE CLERC

*Analyse de M. Truchet, Faculté des Sciences
de Clermont le 16 août 1883 [29].*

Bicarbonate de chaux.....	0,410
Sulfate de chaux.....	1,452
Bicarbonate de fer.....	0,007
Sulfate de magnésie.....	0,036
Chlorure de sodium.....	0,054
Bicarbonate de magnésium.....	0,030
Sulfate de lithium.....	0,008
Sulfate de soude.....	0,151
TOTAL.....	2,148

Sels de chaux.....	1,862
Sels de magnésie.....	0,066

*Analyse du Docteur Lajoux, Ecole de Médecine
de Reims 1881 [5].*

SO ³	0,9820
Cl.	0,0046
CaO.	0,7100
MgO.	0,0868
Na ² O.	0,0136
Résidu sec à 180°.	2,1240

SOURCE LE CLERC

Eléments dosés en milligrammes par litre	Truchet 1883	Lajoux 1881
Ions calcium.	528,2	507,1
» magnésium.	12,2	52,0
» sodium.	70,2	10,0
» lithium.	1,02	—
» fer.	2,2	—
» sulfate.	1162,78	1178,4
» carbonate.	338,6	—
» chlorure.	32,8	4,6
Résidu sec.....	—	2,1240

SOURCE SOUVERAINE

Analyse d'Ossian Henry, 1858 [29].

GRAMMES PAR LITRE

Acide carbonique libre.....	0,200
Bicarbonate de chaux.	0,162
» magnésie.	0,048

» soude.	0,030
Sulfate de chaux.	0,995
» magnésie.	0,740
» soude.	0,050
» strontiane.	Traces.
Chlorures de sodium.	0,020
» magnésium.	0,044
» calcium.	Traces.
Azotates.	0,005
Arsenic.	Traces.
Silice-alumine.	0,045
Sesquioxyde de fer et manganèse.	0,007
TOTAL.	2,346

Analyse de l'Ecole des Mines, 19 mai 1859 [7].

Acide carbonique (CO^2).	0,2200
Acide chlorhydrique (HCl).	0,1100
Acide sulfurique (SO^3).	0,9000
Silice (SiO^2).	0,0200
Protoxyde de fer.	0,0200
Chaux.	0,6000
Magnésie.	0,0100
Potasse.	Indéterminé.
Soude.	0,2200
Matières organiques.	Indéterminé.
TOTAL.	2,1000
Résidu fixe par litre.	1,9700

SOURCE SOUVERAINE

Analyse de J. Lefort le 17 mars 1859 [24].

GRAMMES PAR LITRE

Acide sulfurique (SO ³).....	0,7108
Acide carbonique (CO ²).....	0,2420
Acide chlorhydrique (HCl).....	0,0070
Acide phosphorique (P ² O ⁵).....	0,0090
Acide silicique (SiO ²).....	0,0145
Soude.	0,0112
Potasse.	Traces.
Alumine.	Traces.
Chaux.	0,6575
Magnésie.	0,0930
Oxyde de fer.....	Traces.
TOTAL.....	1,7450

SOURCE SOUVERAINE

Éléments dosés en milligrammes par litre	Ossian Henry 1853	Lefort 1859	Mines 1859
Ions Calcium.....	337,6	468	428,6
— Magnésium.....	160,9	55,8	6
— Sodium.....	32,2	6,5	163,2
— Potassium.....	traces	traces	indéterminé
— Fer.....	7 (avec Mn)	traces	15,5
— Alumine.....	—	traces	—
— Silice.....	46 (avec Al)	14,5	20
— Sulfate.....	1328,2	853	1080
— Chlore.....	45,2	7	107,6
— Carbonate.....	132	165	150
— Arséniate.....	traces	—	—
— Phosphate.....	—	9	—
— Nitrate.....	5	—	—
Extrait sec.....	—	—	1970
Minéralisation totale....	—	1,7450	—

SOURCE DUCHESSE ⁽¹⁾

GRAMMES PAR LITRE

Bicarbonate de calcium.	0,3143
» magnésium et de fer.	Traces.
Sulfate de calcium.	1,0719
» de magnésium.	0,3011
» sodium.	0,0223
Chlorures alcalins avec traces de lithine.	0,0104
Acide phosphorique et alumine.	Traces.
Matière réductrice.	0,0120
Silice.	0,0094
Arsenic (As).	0,0000015
Ammoniaque (moins de).	0,0000100
Acide nitrique.	0,0004000
TOTAL.	1,7418115

SOURCE QUAI

Analyse de M. Ossian Henry, 1853 [18].

GRAMMES PAR LITRE

Bicarbonates de chaux et de magnésie..	0,980
Bicarbonate de soude.	0,170
Sulfate de chaux.	1,250
Sulfates de magnésie et de soude.	0,300
Chlorures alcalins et terreux.	0,160

(1) Cette analyse de l'eau de la Source Duchesse est la seule que j'ai pu consulter; mais ni Parturier, ni la Société des Eaux qui la mentionnent n'en indiquent l'auteur.

Fer et manganèse.....	0,005
Silice, alumine, sels de potasse, phosphates, matière organique et perte.....	0,320
TOTAL.....	3,185

Analyse de l'Ecole des Mines, 18 août 1859 [7].

Acide carbonique.....	0,300
Acide chlorhydrique.....	0,010
Acide sulfurique.....	1,010
Silice.	0,010
Protoxyde de fer.....	Traces.
Chaux.	0,760
Magnésie.	0,050
Potasse.	Indéterminé.
Soude.	0,080
Matières organiques.....	Indéterminé.
TOTAL.....	2,220
Résidu fixe par litre.....	1,980

SOURCE PRINCE

Analyse de M. Ossian Henry, 1853 [18].

	GRAMMES
Bicarbonates de chaux et de magnésie..	0,940
Bicarbonate de soude.....	0,160
Sulfate de chaux.....	1,260
Sulfates de magnésie et de soude.....	0,340
Chlorures alcalins et terreux.....	0,140

Fer et manganèse.....	0,005
Silice, alumine, sels de potasse, phosphates, matière organique et perte.....	0,310
TOTAL.....	3,155

Analyse de l'Ecole des Mines, 18 août 1859 [7].

Acide carbonique.....	0,380
Acide chlorhydrique.....	0,010
Acide sulfurique.....	1,000
Silice.	0,010
Protoxyde de fer.....	Traces.
Chaux.	0,740
Magnésie.	0,050
Potasse.	Indéterminé.
Soude.	0,310
Matières organiques.....	Indéterminé.
TOTAL.....	2,500
 Résidu fixe par litre.....	 2,140

II

Hydrogéologie⁽¹⁾

Contrexéville se trouve à l'Ouest du département des Vosges au Nord d'une suite de coteaux qui s'étend du Sud-Ouest au Nord-Est et constitue une région géographique importante; c'est, malgré sa faible altitude (400 mètres environ), la ligne de partage des eaux entre la mer du Nord et la mer Méditerranée; en effet, au niveau de cette ligne, les ruisseaux, comme le Vair et le Suriauville, qui passent à Contrexéville, se jettent dans la Meuse. Au Sud, le Gras, qui prend sa source à 1.200 mètres du Vair, envoie ses eaux, par l'intermédiaire de la Saône, dans le Rhône.

Contrexéville se trouve blottie dans un vallon sur le flanc Nord-Ouest de ces coteaux, au confluent du Vair et du Suriauville; c'est dans un rayon de 100 mètres environ de ce confluent, que les eaux minérales de Contrexéville apparaissent au jour.

Au point de vue géologique, la région de Con-

(1) Une partie des renseignements ci-dessus a été tirée de l'excellente étude de MM. Bordas et Guillerd : « *Les stations hydrominérales du trias vosgien* » [5].

trexéville est formée de terrains triasiques; ces terrains sont adossés au massif primaire vosgien et constituent la bordure des dépôts secondaires du bassin de Paris.

Le trias apparaît ici sous son facies germanique, que les géologues opposent au facies alpin; sur un court espace sont représentés les trois termes dont le trias tire son nom :

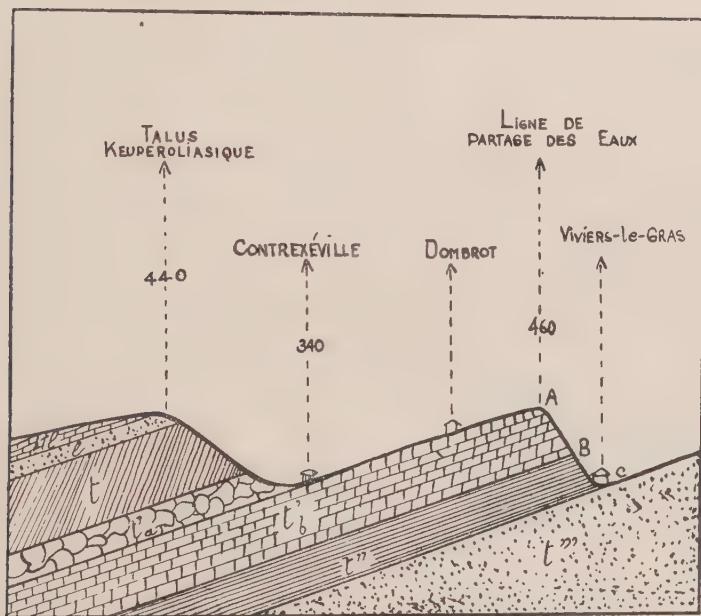
1° Le Grès bigarré, d'origine désertique constitué par des massifs de grès, sans fossiles animaux, formés aux dépens de sédiments apportés par le vent;

2° Le Muschelkalk, ou calcaire coquillier, d'origine marine, formé par la consolidation de vases calcaires. A propos du mot « Muschelkalk », je m'excuse d'employer un mot aussi barbare pour des oreilles françaises, c'est le terme qui a supplanté l'expression « calcaire coquiller », laquelle est beaucoup moins restrictive.

3° Le Keuper ou étage des marnes irisées, de formation lagunaire, dans laquelle l'évaporation a fait naître des poches de sel et de gypse au milieu de sédiments argileux.

Dans le grès bigarré, les grains de quartz sont cimentés par de la silice et de l'argile qui en diminuent la porosité; le trait caractéristique de la roche est sa pauvreté en calcaire. Elle renferme, par contre, une notable quantité de fer à l'état ferreux, qui pourrait être dissous par les eaux de pluie chargées d'acide carbonique. La partie supérieure du grès

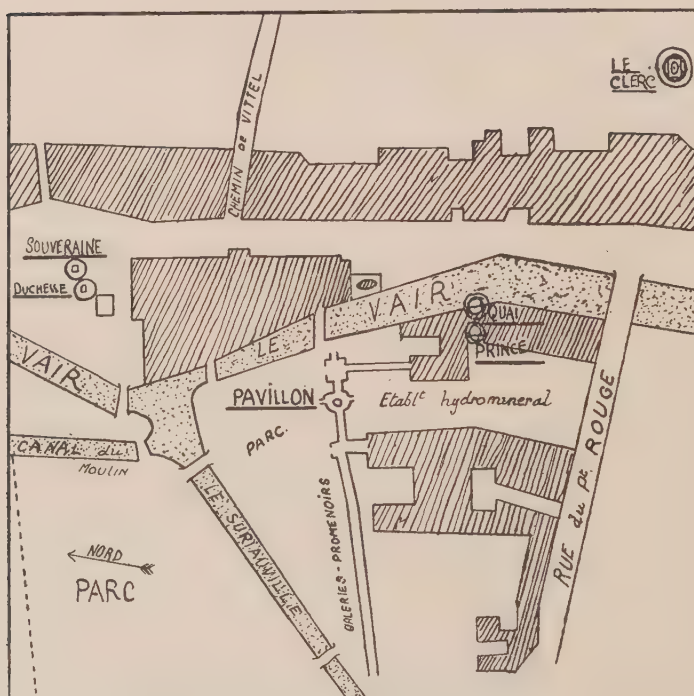
bigarré contient, d'autre part, un peu de dolomie, c'est-à-dire un carbonate de chaux et de magnésie. M. Guillerd [5] donne l'analyse d'une eau de la



- l Lias ;
- t Keuper ;
- t_a Muschelkalk Calcaire supérieur ;
- t_b Muschelkalk Calcaire inférieur ;
- t' Muschelkalk Marneux ;
- t''' Grès Bigarré.

région, issue de ce grès ; la minéralisation est faible, elle contient très peu de sulfate de calcium, des quantités notables de magnésie et de silice.

Le Muschelkalk constitue la falaise qui sert de ligne de partage des eaux; la coupe géologique ci-contre, qui passe par Contrexéville en suivant une ligne approximativement, Sud-Sud-Est : Nord-Nord-



Plan des Sources de Contrexéville

Ouest, montre la disposition de cette falaise, dont le point culminant est à 460 mètres : l'altitude de Contrexéville est de 340 mètres. Ce terrain a une épaisseur d'environ 100 mètres.

Les auteurs, Braconnier, puis Imbeaux, y distinguent plusieurs parties. A la base on y trouve quelques mètres de marnes bariolées, dans lesquelles sont insérés des bancs de gypse.

Le talus se continue sur une trentaine de mètres d'épaisseur par des marnes divisées par des lits gréseux et dolomitiques. La majeure partie de la falaise, soit environ 70 mètres, est constituée par des calcaires entrecoupés de deux bancs d'argile et qu'on peut distinguer par leurs fossiles caractéristiques.

Divisions de BRACONNIER	ÉLEMENTS STRATIGRAPHIQUES	Puissance	Indices Géolo- giques	Nappes de IMBEAUX
3 ^{me} Zone	Calcaire à Myophoria Goldfussi.....	4 m.	t' _a	Nappes supra conchylien- nes
	Argile schisteuse....	3 m.		
2 ^{me} Zone	Calcaire à Terebra tula vulgaris, Lima striata.....	16 m.	t' _b	Nappes mé- dio-conchy- liennes
	Argile schisteuse....	4 à 8 m.		
1 ^{re}	Calcaire à Ceratites nodosus.....	15 m.	t''	
	Calcaire à Entroques.	30 m.		
	Muschelkalk Marneux		t'''	

Le Muschelkalk marneux à la base, n'est pas aquifère; le Muschelkalk calcaire est très fissuré et collecte les eaux superficielles qui s'échappent en sources à flanc de coteau, parmi lesquelles sont celles du Gras et du Vair. L'analyse de telles eaux montre une minéralisation totale de l'ordre de 350 milligrammes par litre, avec une teneur assez élevée en calcium (environ 86 milligrammes), et en magnésium (21 à 45 milligrammes).

Le Muschelkalk forme le fond de la dépression dans laquelle se trouve Contrexéville; le versant du Nord-Ouest est constitué en majeure partie par le Keuper, couronné par les premiers étages du Lias. Ce talus keupérien est formé d'argile entrecoupée de dolomies sableuses, de veines de gypse et d'anhydrite; il porte deux niveaux d'eau : les eaux qui s'échappent contiennent d'après M. Imbeaux [5] 470 milligrammes de résidu fixe par litre, dont 133 milligrammes de calcium; 67,2 milligrammes de SO^4 ; mais très peu de magnésium : 7,5 milligrammes.

Dans la dépression, et parallèlement à la ligne du partage des eaux, on trouve avec Contrexéville, une série de sources minérales, dont plusieurs sont très connues : au Nord-Est, Vittel, Rémoncourt, Circourt, Hagécourt, et Saint-Vallier; au Sud-Ouest, Martigny, Lamarche, Bourbonne (source Maynard). Toutes ces eaux ont pour trait commun leur richesse en sulfate de calcium, en général plus de 1 gramme de SO^4 par litre.

Plusieurs opinions ont été émises sur l'origine des

eaux de Contrexéville. Thouvenel pensait qu'elles provenaient du plateau dit le Haut-de-Salins, point très élevé qui se trouve à six kilomètres au sud de Contrexéville, au voisinage de la ligne de partage des eaux dont j'ai parlé.

Une autre opinion est rapportée dans l'ouvrage du docteur Parturier : *Contrexéville et Wildungen* [29].

« Les eaux pluviales pénètrent dans le sol à la côte 355 mètres; elles glissent progressivement sur les marnes impénétrables du Muschelkalk supérieur jusqu'à la côte 245, en parcourant ainsi souterrainement un trajet de 8 kilomètres, pendant lequel leur pression hydrostatique peut atteindre 10 à 12 atmosphères; en raison de cette pression progressivement croissante, elles seaturent de sels solubles que contient la zone intermédiaire. Elles remontent ensuite par une ligne naturelle de cassure et sortent à la côte 340, soit 15 mètres au-dessous de leur point de départ; dans ce trajet ascensionnel, elles peuvent continuer à se charger de carbonates aux dépens des calcaires, surtout dans les régions inférieures.

« Cette théorie explique d'ailleurs, comme l'a fait Jutier, en 1850, comment en un même point les sources minérales peuvent être environnées de sources ordinaires très abondantes, celles-ci étant produites par les pluies qui s'infiltrèrent dans les plateaux de Contrexéville et se réunissent au-dessus du banc d'argile qui sépare les première et deuxième zones du Muschelkalk supérieur. Elle permet aussi de se

rendre compte que la différence de minéralisation de diverses sources. Enfin celles qui sortent dans le Muschelkalk marneux imperméable doivent être protégées contre toute infiltration d'eau ordinaire. »

D'après Braconnier, ces eaux minérales ne proviennent point des eaux qui se sont infiltrées dans le Muschelkalk ou dans le Keuper, lesquels, nous l'avons vu, sont fort peu riches en sulfate de calcium; elles proviennent d'eaux qui ont ruiselé sur le grès et se sont infiltrées sous le Muschelkalk marneux.

Braconnier [5] a fait remarquer que les eaux sulfatées calciques du plateau lorrain émergent de Larmache à Cirey-sur-Vezouze, suivant une ligne parallèle aux affleurements du Keuper, orientées E. 34° N. Cette direction est précisément celle du principal système de failles qui accidente le plateau lorrain.

Les eaux du grès bigarré sont très peu minéralisées, mais elles empruntent rapidement leur minéralisation au contact de la base du Muschelkalk marneux, riche en gypse et en dolomie.

Le plongement des coupes géologiques oblige les eaux à descendre à 150 mètres de profondeur environ et sous le toit de marne imperméable, elles acquièrent une pression hydrostatique importante. Grâce aux failles dont je viens de parler, et qui sont en particulier observables à Contrexéville, dans la vallée du Vair et du Suriauville, elles pourront remonter vers la surface en se refroidissant de quel-

ques degrés. Les solutions de continuité de la roche marno-calcaire leur imposeront des chemins différents; elles pourront recevoir des apports d'eau douce qui modifieront et abaisseront leur minéralisation.

En résumé, personne ne met en doute l'origine superficielle des eaux minérales de Contrexéville; si l'on se reporte à la coupe figurée page 57 on voit que pour Thouvenel la pénétration d'eau superficielle se fait en A. Selon Parturier, elle aurait lieu en B et pour Braconnier en C.

On conçoit tout de suite l'importance qu'il faut attacher à cette hypothèse; si les eaux circulent seulement dans le Muschelkalk calcaire, elles sont à la merci de toutes les pollutions superficielles qui pourront leur parvenir par les diaclases calcaires; si les eaux sont protégées par le banc épais de Muschelkalk marneux, elles devront subir un long trajet souterrain qui assurera leur auto-épuration et l'épaisseur même de la couche imperméable les mettra à l'abri des eaux souillées.

Troisième Partie

TRAVAUX
PERSONNELS

I

Mode de prélèvement des eaux

Je regrette beaucoup de n'avoir pu me rendre, chaque fois, à Contrexéville, pour prélever moi-même les eaux nécessaires à mes analyses.

M. R. Roche, ingénieur des Mines et directeur commercial de la Société des Eaux, ayant bien voulu présider aux prélèvements mensuels, je suis certain que toutes les précautions nécessaires ont toujours été prises.

L'eau a toujours été prélevée de la façon suivante : on s'est servi de bouteilles neuves (comme il est l'habitude de le faire à Contrexéville pour toute eau embouteillée) lavées à la soude et finalement rincées plusieurs fois avec l'eau minérale provenant du trop plein de la tireuse de l'usine.

Ces bouteilles ont été rincées encore deux ou trois fois avec l'eau prise à la buvette même, c'est-à-dire telle qu'elle est absorbée par les buveurs; elles ont été ensuite remplies et bouchées hermétiquement au moyen d'une capsule d'aluminium munie d'une rondelle de liège protégée du contact de l'eau par une feuille d'étain pur.

La température de l'eau, la température extérieure

et les conditions atmosphériques étaient notées en même temps.

Il aurait été intéressant de noter également au moment de chaque prélèvement le débit de chaque source. Il est évident que la mesure exacte du débit est toujours délicate et que cela aurait désorganisé le travail du service de l'embouteillage pendant un temps assez considérable, aussi je n'ai pas cru pouvoir abuser de la bienveillance de la Société à ce sujet.

Pour la clarté de l'exposé, j'ai rassemblé les résultats de mes analyses sous forme de tableaux. Vis-à-vis de chaque tableau, j'ai noté : la date du prélèvement, la température de l'eau (qui est restée constante pour chaque source) et la température extérieure.

Il ne m'a pas toujours été possible de faire prélever les eaux à la même date chaque mois. Ainsi, entre le 22 et le 29 Décembre 1931, la température extérieure à Contrexéville était au-dessous de -4° , et il a fallu attendre la température relativement haute du 29, (-1°), pour prélever l'eau sans s'exposer au risque de la voir geler peu après.

En Février, la température extérieure descendit jusqu'à -20° et se maintint si bas que le 26 on fut obligé de prélever l'eau par une température de -9° et de l'abriter aussitôt, afin d'avoir un échantillon d'eau de ce mois.

En Mars, on choisit, pour des raisons du même ordre, la journée du 17.

II

Méthodes suivies pour les Analyses

A. - Calcium

Pour le dosage du calcium et celui des sulfates, je n'ai pas cru nécessaire de débarrasser l'eau de la silice qu'elle contient. Cela m'aurait entraîné à des opérations assez longues qui auraient augmenté les chances d'erreur, d'autant plus que la quantité de silice présente par rapport à la quantité d'ion calcium et d'ion sulfate est petite.

D'autre part, comme je me proposais de suivre pendant au moins six mois, les quantités des principaux éléments des six sources, je me suis cru permis de passer outre cette considération.

Les différences considérables qui existent entre les chiffres obtenus par les divers auteurs, pour la teneur en calcium des eaux de Contrexéville, ont attiré mon attention, plus particulièrement.

Il est certain que ces différences sont dues à la difficulté réelle de séparer complètement le calcium du magnésium.

La méthode qui consiste à précipiter le calcium

en milieu ammoniacal, sous forme d'oxalate par l'oxalate d'ammonium, est excellente pour les solutions contenant uniquement des sels de calcium. Dès que les sels de magnésium y sont associés en quantités appréciables, des erreurs, par excès, interviennent inévitablement.

J'en ai fait la preuve en dosant le calcium dans une solution titrée de sels de calcium et de magnésium approximativement dans les proportions où ils existent dans les eaux de Contrexéville.

Voici les résultats que j'ai obtenus avec une solution contenant 575 milligrammes de calcium et 58 milligrammes de magnésium par litre.

582,1 ; 570 ; 592,1 ; 583 milligrammes de calcium par litre ; soit des erreurs allant de -1 à $+4$ %.

J'ai essayé diverses méthodes, mais celle de Treadwell [34] m'a donné, seule, de bons résultats. D'après cet auteur, T.-W. Richards a démontré que la quantité d'oxalate de magnésium retenue par l'oxalate de calcium, dépend de la concentration de la partie non dissociée de l'oxalate de magnésium qui se trouve dans la solution et de la durée de contact de l'oxalate de calcium avec la solution d'oxalate de magnésium.

Les conditions qui contribuent au ralentissement de la dissociation de ce sel, produisent une augmentation du résultat en calcium. Toutes les circonstances qui favorisent l'ionisation de l'oxalate de magnésium, réduisent ces erreurs au minimum. Une concentration trop grande en ions C^2O^4 (oxalate

d'ammonium) diminue la dissociation de l'oxalate de magnésium. La dissociation de l'oxalate de magnésium sera favorisée par les ions hydrogène et par la grande dilution de la solution.

« Pour précipiter quantitativement l'oxalate de calcium, un grand excès d'oxalate d'ammonium est nécessaire; mais comme l'oxalate de magnésium forme avec l'oxalate d'ammonium non dissocié en ions, des sels complexes, facilement solubles, qui ne sont pas retenus par l'oxalate de calcium, on doit avoir soin de réaliser une diminution aussi complète que possible de la dissociation de l'oxalate d'ammonium, ce qu'on obtient en ajoutant un sel d'ammonium facilement dissociable; le mieux est d'ajouter du chlorure d'ammonium. »

D'après Treadwell, le précipité d'oxalate de calcium ainsi obtenu contient encore de 0,1 à 0,2 % de magnésium. Cet excès, très faible d'ailleurs, est compensé par un léger déficit de calcium dû à l'entraînement de cet élément par l'oxalate de magnésium dans la solution filtrée.

La méthode que j'ai toujours suivie est la suivante : A 125 c. c. d'eau minérale on ajoute 50 c. c. de solution de chlorure d'ammonium (220 grammes par litre). On porte à l'ébullition et on ajoute une solution bouillante de 5 grammes d'acide oxalique dissous dans 5 c. c. d'eau et 15 c. c. d'acide chlorhydrique pur. Cette solution est maintenue à l'ébullition; on ajoute une goutte ou deux de solution de méthylorange et en agitant constamment on

neutralise graduellement la solution, pour la rendre, au bout d'une demi-heure, franchement alcaline, par de l'ammoniaque diluée à 5 %.

On ajoute alors 150 c. c. d'une solution chaude d'oxalate d'ammonium à 2 % et on laisse en contact pendant trois à quatre heures.

On filtre et on lave avec une solution contenant 1 % d'oxalate d'ammonium jusqu'à disparition des chlorures. On sèche le précipité que l'on incinère avec le filtre. On calcine au chalumeau pendant 20 à 25 minutes et l'on pèse à l'état de CaO.

J'ai toujours fait simultanément, deux dosages de la même eau, et j'ai pris une moyenne des deux chiffres obtenus, lorsque la différence ne dépassait pas 0,8 %.

Voici les résultats que j'ai obtenus sur la solution titrée mentionnée plus haut en employant la méthode que je viens de décrire.

Teneur en calcium de la solution : 575 mgr. par litre.

Premier dosage.....	572
Deuxième dosage.....	575
Troisième dosage.....	574
Quatrième dosage.....	576

J'ai tenu à exposer ce dosage avec quelques détails, d'abord parce que le calcium est l'élément prépondérant dans les eaux de Contrexéville, et aussi pour justifier les chiffres que j'ai obtenus, puisqu'ils sont loin de concorder avec ceux des autres auteurs.

B. - Magnésium

Le dosage du magnésium dans les eaux prélevées le 22 octobre 1931 a été fait suivant la méthode indiquée dans le traité de Treadwell [35].

Le calcium a été préalablement séparé comme je viens de le décrire. Afin de réduire les causes d'erreur et pour obtenir un poids convenable de pyrophosphate de magnésium, j'ai fait ce dosage sur 500 c. c. d'eau.

La séparation totale du calcium met en jeu une quantité considérable de sels ammoniacaux, qu'il est indispensable de chasser pour faire le dosage. Comme j'avais l'intention de suivre la teneur en magnésium de ces eaux pendant six mois consécutifs, j'ai renoncé à cette méthode compliquée.

Une technique permettant de doser directement le magnésium en présence de calcium, avec précision et rapidité, est préférable.

R. Berg [4 bis] a décrit une méthode permettant le dosage direct du magnésium au moyen de l'ortho-oxyquinoléine.

« La précipitation du magnésium en solution ammoniacale contenant des sels ammoniacaux, permet de séparer le magnésium du potassium, sodium et lithium, aussi bien que des sels de calcium, strontium et baryum, dont les oxyquinoléates sont solubles en présence de sels ammoniacaux, selon des conditions de travail à déterminer. (Concentration ammoniacale.) »

Voici la méthode qu'il adopte pour la « séparation du magnésium des terres alcalines ».

A 100 c. c. de solution, on ajoute 5 à 10 grammes d'acétate d'ammonium ainsi que quelques centimètres cubes d'ammoniaque concentrée.

On précipite le magnésium par l'oxyquinoléine, en solution alcoolique à 2 %, à la température de l'ébullition.

On tient la solution à l'ébullition et on ajoute de l'ammoniaque concentrée jusqu'à ce que la réaction de la solution devienne faiblement alcaline au contact d'un papier imprégné de solution de phenolphthaléine. On filtre aussitôt, on lave le précipité au moyen d'une solution chaude à 5 % d'acétate d'ammonium et 5 % d'ammoniaque.

Le précipité d'oxyquinoléate de magnésium est séché à 100° - 105° et pesé. Dans ce cas, une molécule d'oxyquinoléate de magnésium est hydratée par deux molécules d'eau. Le magnésium représente 6,98 % du poids de précipité.

Chauffé à 130°-140° le sel perd son eau et le magnésium est représenté par 7,78 % du poids du résidu.

Voici quelques résultats obtenus par l'auteur :

Mg		Ca	Mg trouvé
0,1000	+	0,0303	0,0998
0,0300	+	0,1515	0,0305
0,0010	+	0,1010	0,0009

J'ai essayé cette méthode sur une solution contenant du sulfate de calcium et du sulfate de magné-

sium. Je me suis contenté, pour obtenir une solution de sulfate de calcium, d'agiter un excès de ce sel avec de l'eau distillée, de filtrer et de dissoudre dans le filtrat une quantité connue de sulfate de magnésium pur. Dans les conditions opératoires ci-dessus, j'ai obtenu les résultats suivant sur quatre dosages.

	Mg présent	Mg trouvé
Premier dosage.....	0,0169	0,0167
Deuxième dosage.....	0,0169	0,0172
Troisième dosage.....	0,00987	0,00973
Quatrième dosage.....	0,00987	0,01000

Je me suis rendu compte cependant que cette solution contenait moins de calcium que les eaux que j'avais à examiner. J'ai alors préparé une solution de sulfate de magnésium avec une eau contenant déjà 600 milligrammes d'ion calcium par litre, sous forme de chlorure. En employant la méthode de Berg, j'ai trouvé chaque fois un excès de magnésium de 8 à 10 %. En calcinant fortement le résidu d'oxyquinoléate de magnésium, j'ai pu caractériser nettement le calcium.

Au cours de plus de quarante dosages sur des eaux synthétiques j'ai pu faire les observations suivantes :

1° Si une solution contenant 60 milligrammes d'ion calcium pour 100 cc. d'eau, 15 à 20 grammes d'acétate d'ammonium et 20 cc. d'ammoniaque concentrée est portée à l'ébullition et si on ajoute une quantité suffisante de solution d'oxyquinoléine pour former l'oxyquinoléate de calcium, ce dernier reste

parfaitement et entièrement en solution, tant que la température ne s'abaisse pas au-dessous de 70°. Au dessous de 70° l'oxyquinoléate de calcium a tendance à précipiter et il est alors difficile de le solubiliser.

2° Avec une solution contenant uniquement du magnésium, traitée de la même façon, la précipitation de l'oxyquinoléate de magnésium est complète au bout de cinq ou six minutes d'ébullition. Une solution de sulfate de magnésium pur, contenant 0,0541 gramme d'ion magnésium par litre, m'a ainsi donné, par la méthode de Berg, les résultats suivants,

	Mg trouvé	Erreur
Premier dosage.....	0,05374	0,66 %
Deuxième dosage.....	0,05395	0,30 %
Troisième dosage.....	0,05409	0,02 %

L'erreur n'a jamais atteint 1 %.

3° En présence de quantités notables de calcium, on obtient toujours un excédent de métal alcalino-terreux. Je me suis appliqué à éliminer l'excès de calcium. J'ai pu faire une solution de sulfate de calcium de concentration comparable à celle des eaux de Contrexéville en neutralisant environ 1,5 gramme d'acide sulfurique concentré dilué dans 500 cc. d'eau distillée, par une suspension de 2,5 grammes de carbonate de calcium dans 500 cc. d'eau distillée. Après repos et filtration, j'ai dissout, dans le filtrat, du sulfate de magnésium pur.

L'évaporation à sec qui fait cristalliser la majeure

partie du sulfate de calcium, le broyage du résidu avec un peu d'eau distillée, m'on donné une liqueur contenant tout le magnésium; le dosage selon la méthode de Berg révélait encore de grosses erreurs par excès.

J'ai essayé alors la précipitation à froid des oxyquinoléates de calcium et magnésium et la solubilisation du sel calcique à chaud. La pesée du précipité résiduel m'a donné des erreurs par défaut allant jusqu'à 50 %.

Le gros obstacle étant la quantité de calcium contenue dans la solution j'ai pensé que le réactif lui-même pouvait servir à son élimination et j'ai opéré le dosage en deux temps.

Je suis parti d'une solution contenant 600 milligrammes d'ion calcium et 54 milligrammes d'ion magnésium par litre.

La méthode de Berg fournit un précipité contenant tout le magnésium et une quantité de calcium relativement faible. En dissolvant le résidu dans un ou deux centimètres cubes d'acide chlorhydrique au cinquième, bien chaud et en lavant le filtre, on obtient une solution qui à l'inverse de la première contient peu de calcium. On reprécipite alors le magnésium de la même façon et cette fois on obtient un précipité d'oxyquinoléate de magnésium pratiquement exempt de calcium.

En résumé voici la méthode que j'ai suivie :

100 cc. d'eau minérale, 20 grammes d'acétate d'ammonium et 20 cc. d'ammoniaque concentrée

sont portés à l'ébullition. On filtre pour séparer le fer et l'alumine qui précipitent. On ajoute alors au filtrat suffisamment d'oxyquinoléine en solution alcoolique à 2 %, pour convertir les sels de calcium et de magnésium à l'état d'oxyquinoléates. Par addition d'ammoniaque concentrée on maintient le liquide alcalin vis-à-vis d'un papier imbibé de solution de phénolphthaléine. On prolonge l'ébullition pendant cinq minutes et on filtre à travers un creuset Schott N° 1 G 3.

Le résidu est attaqué par deux centimètres cubes d'acide chlorhydrique au cinquième bien chaud. On lave le filtre avec de l'eau distillée chaude. A cette solution on ajoute 5 grammes d'acétate d'ammonium, 10 cc. d'ammoniaque et 5 cc. de la solution d'oxyquinoléine. On alcalinise à l'ammoniaque concentrée comme auparavant et on porte à l'ébullition que l'on maintient pendant cinq minutes.

On filtre, on lave avec une solution chaude contenant 5 % d'acétate d'ammonium et 5 % d'ammoniaque. On sèche à 100°-105° jusqu'à poids constant. La quantité de magnésium contenue dans la prise d'essai est représentée par 6.98 % du poids de résidu.

Dans une solution de calcium et magnésium contenant 600 milligrammes d'ion calcium par litre et 54,1 milligrammes d'ion magnésium par litre.

J'ai trouvé par cette méthode :

Premier dosage.....	54,4	milligrammes d'ion Mg par litre.
Deuxième dosage....	54,1	»
Troisième dosage....	53,8	»

Les erreurs sont donc bien inférieures à 1 % ; on peut donc considérer cette technique comme satisfaisante et c'est elle qui m'a servi à doser le magnésium dans les prélèvements mensuels.

On notera l'écart sensible entre les résultats qu'elle donne et ceux que m'a fourni la méthode de Treadwell.

C. - Sodium

Méthode de Blanchetière et de E. Kahane (21)

modifiée par M^{lle} Lévy

Cette technique, encore inédite, m'a été communiquée par M. le Professeur Sommelet.

L'ion Sodium en milieu neutre et débarrassé de phosphates précipite quantitativement sous forme d'acétate triple d'uranium, de magnésium et de sodium. (Sel de Streng.)

Après repos on centrifuge pour séparer et laver le précipité. Ce dernier est pesé, après séchage, dans le tube où s'est opérée la précipitation.

Un gramme de sel de Streng représente 15 milligrammes d'ion sodium.

J'ai employé pour les eaux de Contrexéville un extrait aqueux et neutre du résidu de l'évaporation

de 20 litres d'eau minérale et dont 1 centimètre cube correspondait à 80 centimètres cubes d'eau à analyser.

D. - Potassium

Méthode de Blanchetière et Pierlot
modifiée par M^{lle} Lévy

Cette méthode, encore inédite, m'a été communiquée par M. le Professeur Sommelet. Elle consiste à précipiter le potassium sous forme de cobalt III hexanitrite de potassium. Comme ce précipité n'est pas facile à peser, on s'adresse à une mesure colorimétrique.

Le précipité isolé par une longue centrifugation et quelques lavages à l'eau est repris par une petite quantité d'acide chlorhydrique pur et la solution est évaporée à sec au bain-marie. Le nitrite complexe est ainsi décomposé et transformé en chlorure de cobalt III. Le résidu repris par quelques centimètres cubes d'eau donne une solution presque incolore. Le sel cobalteux est alors oxydé en présence de bicarbonate de potassium, par quelques gouttes de perhydrol, à l'état de cobalt III tricarbonate potassique, dont la couleur verte est intense.

Cette coloration est comparée à celle que donne une solution étalon de chlorure de potassium traitée dans les mêmes conditions. Il importe de faire la précipitation primitive en solution à peu près neutre

et avec une concentration de potassium comprise entre 0,2 et 1 mgr. d'ion potassium par centimètre cube.

Pour les eaux de Contrexéville, j'ai employé un extrait aqueux et neutre du résidu de l'évaporation de 20 litres d'eau minérale et dont 1 centimètre cube correspondait à 80 centimètres cubes d'eau à analyser.

E. - Fer

Les eaux de Contrexéville contiennent relativement peu de cet élément. J'ai dosé le fer par la méthode volumétrique au permanganate de potassium.

Cette méthode qui est décrite par Treadwell [36] est sensible, et convient bien au dosage de petites quantités de cet élément.

Le résidu de l'évaporation de 20 litres d'eau minérale est traité par une solution d'acide sulfurique à 60 grammes par litre, afin de dissoudre les sels de sodium, de potassium ainsi que l'ion ferrique, et d'éliminer autant que possible les sels de calcium. Les eaux de lavage sont réunies et le filtre lavé avec suffisamment de la solution pour obtenir 250 centimètres cubes.

50 centimètres cubes de cette solution, représentant 4 litres d'eau minérale, sont traités par 8 grammes de zinc pur et 12 grammes d'acide sulfurique pur, pour obtenir la réduction complète du sel ferri-

que. Après quatre ou cinq heures de contact, on filtre et on ajoute au filtrat 5 centimètres cubes d'acide sulfurique pur, et la solution est titrée avec une solution de permanganate de potassium N/55,84, dont 1 centimètre cube correspond à 1 milligramme de fer.

Pour comparaison, j'ai préparé une solution de sulfate ferreux pur contenant 2,71 milligrammes d'ion ferreux par litre.

En opérant, comme je viens de le décrire, sur une prise d'essai de 50 centimètres cubes, j'ai trouvé :

Premier dosage.....	2,9	milligrammes de fer par litre.
Deuxième dosage.....	2,9	» »
Troisième dosage.....	2,85	» »

F. - Sulfates

J'ai dosé les sulfates par la méthode pondérale de la façon suivante :

125 cc. d'eau minérale sont acidifiés par 10 cc. d'acide chlorhydrique dilué au 1/5.

20 cc. de solution de chlorure d'ammonium à 220 grammes par litre sont ajoutés pour favoriser la granulation du précipité de sulfate de baryum.

Cette solution est portée à l'ébullition, et 60 cc. de solution de chlorure de baryum N/10, également portés à l'ébullition sont alors graduellement ajoutés. L'ébullition est maintenue pendant quelques minutes.

Après repos, le précipité de sulfate de baryum débarrassé des chlorures par lavages à l'eau distillée chaude est séché, chauffé au rouge pendant quinze minutes et pesé.

J'ai toujours fait simultanément deux dosages de la même eau et j'ai choisi une moyenne des deux chiffres lorsque la différence entre eux ne dépassait pas 0,8 à 1 %.

G. Chlorures

Les eaux de Contrexéville que j'ai examinées, contiennent toutes très peu de chlorures : cinq à six milligrammes d'ion chlore par litre.

Le dosage de cet élément par la méthode pondérale est donc difficile et demande l'évaporation d'une quantité considérable d'eau.

J'ai essayé d'adapter, pour l'analyse de cet élément, la méthode volumétrique, procédé de Mohr, technique préconisée par M. Delépine, qui consiste à faire le titrage, en milieu neutre, avec une solution diluée de nitrate d'argent. En employant comme indicateur une solution neutre de chromate de potassium à 10 %, le virage est bien net lorsqu'on opère sur un très faible volume de solution.

Voici comment j'ai préalablement traité l'eau : 250 cc. d'eau minérale sont évaporés à 5 ou à 10 cc. et suffisamment d'acide sulfurique normal est alors ajouté pour convertir tous les carbonates en sulfates ; le léger excès d'acide sulfurique est neutralisé par

une pincée de carbonate de calcium dépourvu de chlorures.

Une goutte de solution de chromate de potasse est ajoutée et il est versé de la solution de nitrate d'argent N/35, 46, goutte à goutte, en frottant avec une baguette de verre les sels qui se sont déposés sur les parois de la capsule. Le virage du jaune à l'orange est, dans ces conditions, particulièrement net. Chaque centimètre cube de solution de nitrate d'argent employé correspond à 1 milligramme d'ion chlore dans la prise d'essai.

J'ai contrôlé la valeur de cette méthode en dosant des solutions de chlorure de sodium, pur et fondu et de titres connus.

Sur une solution contenant 154,3 milligrammes d'ion chlore par litre, j'ai trouvé par cette méthode 155,3 milligrammes, en opérant sur une prise d'essai de 10 cc.

Sur une solution contenant 6,2 milligrammes d'ion chlore par litre, j'ai trouvé 6,23 milligrammes en faisant une prise d'essai de 250 cc. et en passant par toutes les manipulations que subit l'eau minérale.

Cette méthode m'a donc semblé pouvoir s'adapter convenablement à mon cas.

H. - Silice

La méthode habituelle pour le dosage de la silice met en jeu une quantité considérable d'eau, elle a,

en outre, l'inconvénient d'être longue. Dienert et Wandenbulcke [12] ont exposé une méthode colorimétrique pour le dosage rapide de la silice dans les eaux minérales. Cette méthode s'applique tant au dosage de la silice dissoute qu'à celui de la silice colloïdale.

Elle consiste à former l'acide silicomolybdique d'une couleur jaune intense, proportionnelle à la quantité de silice présente.

On ajoute à 50 cc. d'eau minérale suffisamment d'acide sulfurique normal pour convertir les bicarbonates en sulfates, 2 cc. de solution de molybdate d'ammonium à 10 % et 4 gouttes d'acide sulfurique à 50 %.

La coloration apparaît en quelques instants et atteint son maximum d'intensité au bout de 10 minutes. On compare alors la coloration obtenue avec une solution d'acide picrique à 39,6 milligrammes par litre dont l'intensité correspond à celle d'une solution de 50 milligrammes de silice par litre, traitée comme ci-dessus.

J'ai contrôlé cette technique avec une solution de silicate de soude titrée par la méthode habituelle et qui contenait 10,5 milligrammes de SiO^2 par litre. Le dosage colorimétrique m'a donné une teneur en silice comprise entre 10 et 11 milligrammes de SiO^2 par litre.

I. - L'arsenic

Le dosage de cet élément a été fait suivant la méthode décrite par Léonardon [23] dans sa thèse. J'ai opéré le dosage sur 50 cc. d'eau, comme il le préconise et j'ai employé l'appareil qu'il décrit.

Les bandes obtenues ont été comparées avec des bandes étalons.

J. - Phosphates

Pour le dosage des Phosphates j'ai utilisé la technique de Denigès [11] et Florentin [13]. Elle est basée sur le fait que les phosphomolybdates sont réduits, dans les conditions de l'expérience, par le chlorure stanneux, avec formation de coloration bleue, visible dès que la teneur de l'eau en $P^{2}O^{5}$ atteint 0,01 milligramme par litre et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité d'ions P^{04} . J'ai comparé les colorations obtenues avec une solution étalon contenant 0,1 milligramme de $P^{2}O^{5}$ par litre.

Pavillon et Quai. — Réaction légèrement positive.

Souveraine. — Réaction légèrement positive.

Duchesse et Le Clerc. — Réaction négative.

Prince. — Réaction la plus intense, deux fois vérifiée avec une seconde bouteille d'eau minérale, et une nouvelle série de tubes; coloration bien inférieure à celle obtenue avec la solution contenant 0,1 milligramme $P^{2}O^{5}$ par litre.

Pour Duchesse et Le Clerc, où la réaction est négative, j'ai recherché si l'eau minérale contenait quelque élément empêchant la coloration de se produire. En ajoutant à l'eau de ces deux sources une quantité égale de solution titrée de $P^{2}O^{5}$, et en traitant comme ci-dessus, la coloration bleue s'est immédiatement produite, ce qui montre que ces deux eaux ne contiennent pas d'élément empêchant la réaction.

K. - Alcalinité totale

L'alcalinité totale a été mesurée en neutralisant par l'acide sulfurique décinormal 250 cc. d'eau en présence de méthylorange comme indicateur.

J'ai exprimé les résultats en milligrammes de chaux (CaO) par litre : 1 cc. de $SO^{4}H^{2}$ décinormal, représentant l'alcalinité produite par 0,0028 grammes de CaO.

Je me suis servi des chiffres obtenus pour calculer aussi la quantité par litre d'ion carbonate (CO^{3}).

L. - Extrait sec

Pour ce dosage, j'ai adopté la technique suivante : 250 cc. d'eau minérale sont évaporés au bain-marie dans une capsule de platine de 90 millimètres de diamètre et 40 millimètres de profondeur. La capsule est portée à une étuve à 180° et chauffée à cette température jusqu'à poids constant.

Après quelques dosages, j'ai noté que le poids

constant était toujours obtenu au bout de deux heures de chauffage à 180°.

J'ai fait usage d'un dessiccateur chargé de potasse en pastilles qui a l'avantage d'absorber la vapeur d'eau et le gaz carbonique.

Une précaution indispensable pour ce dosage délicat est de réaliser des pesées aussi rapides que possible; car, l'humidité fixée tant par le résidu que par les parois de la capsule, peut, en très peu de temps, faire varier considérablement le poids de l'extrait sec.

Deux prises d'essai de la même bouteille, traitées comme je viens de le décrire, m'ont donné les résultats suivants :

Premier dosage.....	2,242
Deuxième dosage.....	2,240

grammes d'extrait sec par litre.

M. - Extrait sulfaté

Le résidu provenant du dosage de l'extrait sec est additionné de 4 centimètres cubes d'acide sulfurique normal, et la capsule est transférée au bain-marie. Lorsqu'il est sec, le résidu est débarrassé de l'excès d'acide sulfurique qu'il retient, par chauffage au moyen d'une petite flamme de bec de Bunsen.

Dès que les vapeurs blanches d'acide sulfurique cessent de se dégager, la capsule est transférée au

moufle, vers 600°, et maintenue jusqu'à ce que le résidu atteigne un poids constant.

En général, il est nécessaire de chauffer pendant au moins deux heures. Les précautions mentionnées pour le dosage de l'extrait sec en ce qui concerne le dessiccateur et les pesées, sont également indispensables pour la détermination de l'extrait sulfaté.

Dans cette détermination, l'acide sulfurique prenant la place des autres acides, on peut s'attendre à voir l'extrait augmenter par sulfatation, mais ici, j'ai toujours obtenu pour l'extrait sulfaté un chiffre plus faible que pour l'extrait sec. Cela tient vraisemblablement à ce que l'extrait sec est formé en majeure partie de sulfate de calcium plus ou moins hydraté; la perte de poids dû à la conversion des carbonates en sulfates est plus que compensée par la perte d'eau retenue par le sulfate de calcium, par le sulfate de magnésium; ainsi que par la perte due à la destruction de la matière organique.

N. - Mesure de la Résistivité

La résistivité des eaux a été mesurée au moyen d'un ohmètre de Chauvin et Arnoux, selon la méthode décrite par F. Touplain [33].

Le coefficient de cuve a été déterminé sur une solution de chlorure de potassium pur et fondu N/50.

La résistivité spécifique de la solution N/50 de KCl étant de 416,8 ohms et la résistivité à la cuve

de cette solution étant de 40 ohms, j'ai multiplié par le facteur $416,8/40$ — soit 10,42 — la résistivité à la cuve de l'eau examinée.

On verra, en examinant les tableaux donnés plus loin, que la mesure de la résistivité enregistre fort bien les variations importantes de la concentration de l'eau, mais que pour les faibles variations, cette méthode physique, dans les conditions ordinaires d'application, est beaucoup moins fidèle que les dosages chimiques.

III

Résultats des Analyses

A. - Prélèvements des Eaux.
Conditions atmosphériques, dates et heures
notées à Contrexéville

	Oct. 1931	Nov. 1931	Déc. 1931	Jan. 1932	Fév. 1932	Mars 1932
Date	22	23	29	20	26	17
Température extérieure...	—	4°	—1°	5°	—9°	3°
„ „ la veille.	—	—	—	—2°	—	—2°
Temps le jour même.....	—	sec	neige	sec	t. sec	sec
Temps la veille	—	sec	pluie	sec	sec	sec
Pression atmosphérique...	—	774	757	780	771	762
Pression la veille.....	—	777	770	779	768	769
PAVILLON						
Heure du prélèvement....	14	13	9	15	9	10
Température de l'eau	11°	11°	11°	11°	11°	11°
LE CLERC						
Heure du prélèvement....	10	13	9	15	9	10
Température de l'eau	11°	11°	11°	11°	11°	11°
SOUVERAINE						
Heure du prélèvement	16	14	9	15	9	10
Température de l'eau	10°	10°	10°	10°	10°	10°
DUCHESSE						
Heure du prélèvement	15	14	9	15	9	10
Température de l'eau.....	10°	10°	10°	10°	10°	10°
QUAI						
Heure du prélèvement	11	13.30	9	15	9	10
Température de l'eau	10.1°	10.1°	10.1°	10.1°	10.1°	10.1°
PRINCE						
Heure du prélèvement	13	13.45	9	15	9	10
Température de l'eau	10°	10°	10°	10°	10°	10°

B. - Prélèvements du 22 Octobre 1931

Eléments dosés en milligrammes pour 1.000 grammes	Pavillon	Le Clerç	Quai	Prince	Souver.	Duches.
Calcium	575,7	573.-	575,7	602,1	407.-	393.-
Magnésium (Treadwell)...	50.-	45,9	47.-	45.-	54,25	53,6
Magnésium (oxyquinoléine).	44,3	44,3	44,7	44,2	53,9	53,4
Sodium	8,2	7,2	7,8	7,8	5,7	5,6
Potassium	3,3	3,3	3,9	4.-	3,2	3,2
Fer.	1,8	1,3	2.-	2,3	2,3	0,7
Sulfate	1280.-	1229.-	1287,8	1278.-	899	874.-
Carbonate (CO ³)..	176,4	175,2	172,8	174.-	171,6	172,8
Chlore	6.-	5,8	5,8	5,8	5,6	5,6
Silice (SiO ²)	11,5	11,5	11,5	11,5	10,5	10,5
Arsenic	<0,001	<0,001	<0,005	<0,005	<0,001	<0,001
Phosphate	0,01	néant	0,01	0,05	0,01	néant
Alcalinité (CaO)..	164,6	163,5	161,3	162,4	160,2	161,3
Extrait sec.	2241.-	2136.-	2236.-	2196.-	1660.-	1634.-
Extrait sulfaté....	2222.-	2086.-	2156.-	2112.-	1650.-	1590.-
Densité.....	1,0027	1,0025	1,0027	1,0027	1,0021	1,0021
Résistivité à 18° (en ohms)....	416,8	437,64	437,64	416,8	521.-	521
Rapport SO ⁴ /Ca..	2,20	2,14	2,23	2,12	2,20	2,22
Rapport SO ⁴ /Ex- trait sec.....	0,571	0,575	0,575	0,582	0,541	0,534

C. - Source du Pavillon

Prélèvement d'octobre 1931 :

Date.	22
Heure.	14
Température de l'eau.	11°

Prélèvement de novembre 1931 :

Date.	23
Heure.	13
Température de l'eau.	11°
Température extérieure.	+ 4°

Prélèvement de décembre 1931 :

Date.	29
Heure.	9
Température de l'eau.	11°
Température extérieure.	— 1°

Prélèvement de janvier 1932 :

Date.	20
Heure.	15
Température de l'eau.	11°
Température extérieure.	+ 5°

Prélèvement de février 1932 :

Date.	26
Heure.	9
Température de l'eau.	11°
Température extérieure.	— 9°

Prélèvement de mars 1932 :

Date.	17
Heure.	10
Température de l'eau.	11°
Température extérieure.	+ 3°

Source du Pavillon

Éléments dosés en milligrammes pour 1.000 grammes	Octob.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars
Calcium.....	575,7	581,7	585,7	554,3	580	590
Magnésium (Treadwell)...	50.-	»	»	»	»	»
Magnésium (oxyquinoléine).	44,3	45.-	46,2	44.-	44,7	45.-
Sodium.....	8,2	»	»	»	»	»
Potassium.....	3,3	»	»	»	»	»
Fer.....	1,8	»	»	»	»	»
Sulfate.....	1280.-	1282,5	1291,5	1180,9	1270.-	1287.-
Carbonate (CO ³)..	176,4	176,4	175,2	176,4	176,4	176,4
Chlore.....	6.-	6.-	6.-	6.-	6.-	6.-
Silice (SiO ²).....	11,5	»	»	»	»	»
Arsenic.....	<0,001	»	»	»	»	»
Phosphate.....	0,01	»	»	»	»	»
Alcalinité (CaO)..	164,6	164,6	163,5	164,6	164,6	164,6
Extrait sec.....	2241.-	2248.-	2260.-	2086.-	2242.-	2250.-
Extrait sulfaté....	2222.-	2212.-	2228.-	2060.-	2205.-	2210.-
Densité.....	1,0027	»	»	»	»	»
Résistivité à 18° en ohms.....	416,8	416,8	437,64	521.-	468,90	448,06
Rapport SO ⁴ /Ca..	2,20	2,20	2,20	2,14	2,19	2,18
Rapport SO ⁴ /Ex- trait sec.....	0,571	0,571	0,571	0,566	0,566	0,572

D. - Source Le Clerc, dite Légère

Prélèvement d'octobre 1931 :

Date.	22
Heure.	10
Température de l'eau.	11°
Température extérieure.	..

Prélèvement de novembre 1931 :

Date.	23
Heure.	13
Température de l'eau.	11°
Température extérieure.	4°

Prélèvement de décembre 1931 :

Date.	29
Heure.	9
Température de l'eau.	11°
Température extérieure.	— 1°

Prélèvement de janvier 1932 :

Date.	20
Heure.	15
Température de l'eau.	11°
Température extérieure.	5°

Prélèvement de février 1932 :

Date.	26
Heure.	9
Température de l'eau.	11°
Température extérieure.	— 9°

Prélèvement de mars 1932 :

Date.	17
Heure.	10
Température de l'eau.	11°
Température extérieure.	3°

Source Le Clerc

Éléments dosés en milligrammes pour 1.000 grammes	Octob.	Nov.	Décem.	Janv.	Févr.	Mars
Calcium.....	573.-	570.-	567.-	541,7	564,6	569,5
Magnésium (Treadwell).	45,9	»	»	»	»	»
Magnésium (oxyquinoléine).	44,3	44,7	44,7	44.-	44,4	44,7
Sodium.....	7,2	»	»	»	»	»
Potassium.....	3,3	»	»	»	»	»
Fer.....	1,3	»	»	»	»	»
Sulfate.....	1229.-	1217,5	1214,2	1189,5	1192	1208.-
Carbonate (CO ³)..	175,2	175,2	175,2	175,2	175,2	175,2
Chlore.....	5,8	5,8	6.-	6.-	6.-	6.-
Silice (SiO ²).....	11,5	»	»	»	»	»
Arsenic.....	<0,001	»	»	»	»	»
Phosphate.....	néant	»	»	»	»	»
Alcalinité (CaO)..	163,5	163,5	163,5	163,5	163,5	163,5
Extrait sec.....	2136.-	2116.-	2132,4	2072.-	2102.-	2124.-
Extrait sulfaté ...	2086.-	2068.-	2072,8	2032.-	2066.-	2080.-
Densité.....	1,0025	»	»	»	»	»
Résistivité à 18° en ohms....	437,64	489,74	458,48	552,26	416,8	395,96
Rapport SO ⁴ /Ca..	2,14	2,14	2,14	2,20	2,11	2,13
Rapport SO ⁴ /Ex- trait sec....	0,575	0,575	0,570	0,574	0,570	0,570

G. Source du Quai

Prélèvement d'octobre 1931 :

Date.	22
Heure.	11
Température de l'eau.	10°1
Température extérieure.	..

Prélèvement de novembre 1931 :

Date.	23
Heure.	13,30
Température de l'eau.	10°1
Température extérieure.	4°

Prélèvement de décembre 1931 :

Date.	29
Heure.	9
Température de l'eau.	10°1
Température extérieure.	— 1°

Prélèvement de janvier 1932 :

Date.	20
Heure.	15
Température de l'eau.	10°1
Température extérieure.	5°

Prélèvement de février 1932 :

Date.	26
Heure.	9
Température de l'eau.	10°1
Température extérieure.	— 9°

Prélèvement de mars 1932 :

Date.	17
Heure.	10
Température de l'eau.	10°1
Température extérieure.	3°

Source du Quai

Éléments dosés en milligrammes pour 1.000 grammes	Octob.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars
Calcium.....	575,7	594,3	621,1	590.-	597,1	602,4
Magnésium (Treadwell).	47.-	»	»	»	»	»
Magnésium (oxyquinoléine).	44,7	45,2	46.-	43,6	45.-	44,9
Sodium.....	7,8	»	»	»	»	»
Potassium.....	3,9	»	»	»	»	»
Fer.....	2.-	»	»	»	»	»
Sulfate.....	1287,8	1274.-	1282,8	1242,7	1273,2	1285,4
Carbonate (CO ³)..	172,8	172,8	174,0	175,2	175,2	175,2
Chlore.....	5,8	6.-	6.-	6,2	6.-	6.-
Silice (SiO ²).....	11,5	»	»	»	»	»
Arsenic.....	0,005	»	»	»	»	»
Phosphate.....	0,01	»	»	»	»	»
Alcalinité (CaO)..	161,3	161,3	162,4	163,5	163,5	163,5
Extrait sec.....	2236.-	2224.-	2251,2	2174.-	2252.-	2264.-
Extrait sulfaté....	2156.-	2144.-	2168,4	2108.-	2162.-	2202.-
Densité.....	1,0027	»	»	»	»	»
Résistivité à 18° en ohms.....	437,64	416,8	468,9	521.-	406,38	395,96
Rapport SO ⁴ /Ca..	2,23	2,13	2,05	2,11	2,13	2,13
Rapport SO ⁴ /Ex- trait sec.....	0,575	0,573	0,570	0,571	0,570	0,570

H. - Source du Prince

Prélèvement d'octobre 1931 :

Date.	22
Heure.	13
Température de l'eau.	10°
Température extérieure.	..

Prélèvement de novembre 1931 :

Date.	23
Heure.	13,45
Température de l'eau.	10°
Température extérieure.	4°

Prélèvement de décembre 1931 :

Date.	29
Heure.	9
Température de l'eau.	10°
Température extérieure.	— 1°

Prélèvement de janvier 1932 :

Date.	20
Heure.	15
Température de l'eau.	10°
Température extérieure.	5°

Prélèvement de février 1932 :

Date.	26
Heure.	9
Température de l'eau.	10°
Température extérieure.	— 9°

Prélèvement de mars 1932 :

Date.	17
Heure.	10
Température de l'eau.	10°
Température extérieure.	3°

Source du Prince

Éléments dosés en milligrammes pour 1.000 grammes	Octob.	Nov.	Décem.	Janv.	Févr.	Mars
Calcium.....	602,1	596,6	596.-	578.-	599.-	601,9
Magnésium (Treadwell)..	45.-	»	»	»	»	»
Magnésium (oxyquinoléine).	44,2	44,6	45,4	43,2	44,1	44,7
Sodium	7,8	»	»	»	»	»
Potassium.....	4.-	»	»	»	»	»
Fer.....	2,3	»	»	»	»	»
Sulfate.....	1278.-	1273.-	1275,6	1232,2	1278,4	1282,1
Carbonate (CO ³)..	174.-	172,8	174,-	175,2	175,2	175,2
Chlore.	5,8	5,8	6.-	6,2	6.-	6.-
Silice (SiO ²).....	11,5	»	»	»	»	»
Arsenic	0,005	»	»	»	»	»
Phosphate.....	0,05	»	»	»	»	»
Alcalinité (CaO)...	162,4	161,3	162,4	163,5	163,5	163,5
Extrait sec.....	2196.-	2198 -	2208,8	2144.-	2208.-	2210.-
Extrait sulfaté....	2112.-	2160.-	2127,6	2070.-	2120.-	2124.-
Densité	1,0027	»	»	»	»	»
Résistivité à 18° en ohms....	416,8	468,9	468,9	521.-	406,38	437,64
Rapport SO ⁴ /Ca..	2,12	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13
Rapport SO ⁴ /Ex- trait sec.....	0,582	0,580	0,580	0,575	0,579	0,580

E. - Source Souveraine

Prélèvement d'octobre 1931 :

Date.	22
Heure.	16
Température de l'eau.	10°
Température extérieure.	..

Prélèvement de novembre 1931 :

Date.	23
Heure.	14
Température de l'eau.	10°
Température extérieure.	4°

Prélèvement de décembre 1931 :

Date.	29
Heure.	9
Température de l'eau.	10°
Température extérieure.	— 1°

Prélèvement de janvier 1932 :

Date.	20
Heure.	15
Température de l'eau.	10°
Température extérieure.	5°

Prélèvement de février 1932 :

Date.	26
Heure.	9
Température de l'eau.	10°
Température extérieure.	— 9°

Prélèvement de mars 1932 :

Date.	17
Heure.	10
Température de l'eau.	10°
Température extérieure.	3°

Source Souveraine

Éléments dosés en milligrammes pour 1.000 grammes	Octob.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars
Calcium.....	407.-	408.-	420.-	405,1	396.-	396.-
Magnésium (Treadwell)...	54,25	»	»	»	»	»
Magnésium (oxyquinoléine)...	53,9	55,7	57,2	54,8	54,5	54,4
Sodium.....	5,7	»	»	»	»	»
Potassium.....	3,2	»	»	»	»	»
Fer.....	2,3	»	»	»	»	»
Sulfate.....	899.-	904.-	914.-	875,5	861.-	858.-
Carbonate (CO ³)..	171,6	171,6	171,6	170,5	171,6	171,6
Chlore.....	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
Silice (SiO ²).....	10,5	»	»	»	»	»
Arsenic.....	<0,001	»	»	»	»	»
Phosphate.....	0,01	»	»	»	»	»
Alcalinité (CaO)..	160,2	160,2	160,2	159,1	160,2	160,2
Extrait sec.....	1660.-	1664.-	1683,6	1640.-	1616.-	1610.-
Extrait sulfaté....	1650.-	1648.-	1664,8	1624.-	1598.-	1595.-
Densité.....	1,0021	»	»	»	»	»
Résistivité à 18° en ohms.....	521	562,68	593,94	625,20	500,16	510,58
Rapport SO ⁴ /Ca..	2,2	2,21	2,18	2,14	2,17	2,17
Rapport SO ⁴ /Ex- trait sec.....	0,541	0,543	0,543	0,534	0,534	0,534

F. - Source Duchesse

Prélèvement d'octobre 1931 :

Date.	22
Heure.	15
Température de l'eau.....	10°
Température extérieure.....	..

Prélèvement de novembre 1931 :

Date.	23
Heure.	14
Température de l'eau.....	10°
Température extérieure.....	— 4°

Prélèvement de décembre 1931 :

Date.	29
Heure.	9
Température de l'eau.....	10°
Température extérieure.....	— 1°

Prélèvement de janvier 1932 :

Date.	20
Heure.	15
Température de l'eau.....	10°
Température extérieure.....	5°

Prélèvement de février 1932 :

Date.	26
Heure.	9
Température de l'eau.....	10°
Température extérieure.....	— 9°

Prélèvement de mars 1932 :

Date.	17
Heure.	10
Température de l'eau.....	10°
Température extérieure.....	3°

Source Duchesse

Éléments dosés en milligrammes pour 1.000 grammes	Octob.	Nov.	Décem.	Janv.	Févr.	Mars
Calcium.....	393.-	397,4	407.-	404.-	394.	379.-
Magnésium (Treadwell)..	53,6	»	»	»	»	»
Magnésium (oxyquinoléine).	53,4	54,8	56,7	54.-	54,1	54.-
Sodium.....	5,6	»	»	»	»	»
Potassium.....	3,2	»	»	»	»	»
Fer.....	0,7	»	»	»	»	»
Sulfate.....	874.-	881,4	887,6	855,1	855,4	834.-
Carbonate (CO ³)..	172,8	172,8	171,6	170,5	171,6	171,6
Chlore.....	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
Silice (SiO ²).....	10,5	»	»	»	»	»
Arsenic.....	<0,001	»	»	»	»	»
Phosphate.....	néant	»	»	»	»	»
Alcalinité (CaO)..	161,3	161,3	160,2	159,1	160,2	160,2
Extrait sec.....	1634.-	1650.-	1656,4	1610.-	1596.-	1574.-
Extrait sulfaté...	1590.-	1602.-	1609,2	1561.-	1548.-	1532.-
Densité.....	1,0021	»	»	»	»	»
Résistivité à 18° en ohms....	521.-	562,68	583,52	614,78	468,90	500,16
Rapport SO ⁴ /Ca..	2,22	2,22	2,20	2,12	2,17	2,20
Rapport SO ⁴ /Ex- trait sec.....	0,533	0,534	0,535	0,531	0,535	0,530

I. - Eau du Pavillon embouteillée

**Analyse d'une eau de la source "Pavillon"
d'origine relativement ancienne.**

Plusieurs auteurs ont signalé que l'eau de Pavillon se conservait assez mal; on a prétendu que consommée loin de la source, elle provoquait des troubles digestifs, que pendant la conservation elle perdait une partie de son gaz carbonique, et devenait par ce fait, moins facile à digérer.

Mamelet, par contre, affirme que dans des bouteilles bien bouchées, l'eau se conserve parfaitement pendant longtemps et qu'elle peut se gâter dans des bouteilles mal bouchées.

J'ai eu la bonne fortune de trouver, au Laboratoire d'Hydrologie, de l'eau de la source de Pavillon assez ancienne. En se référant aux indications des étiquettes, la Société des Eaux m'a fait savoir que l'eau avait été embouteillée en octobre 1924. J'ai fait l'analyse des principaux éléments, mais la quantité d'eau dont je disposais ne m'a pas permis de faire une analyse aussi complète que pour les eaux d'octobre 1931. J'ai pu néanmoins établir une comparaison entre la minéralisation à sept années d'intervalle de la principale source de Contrexéville. En même temps j'ai pu vérifier, que l'eau s'était très bien conservée, tout au moins au point de vue chimique. Ces bouteilles avaient reçu un bouchage métallique, isolant l'eau du liège. Je n'ai remarqué aucun dépôt sur les parois de la bouteille,

le goût était normal, l'odeur nulle et la limpidité parfaite. On peut donc dire qu'il n'y a pas eu de perte d'acide carbonique qui aurait entraîné un dépôt de carbonate neutre de calcium. D'autre part, il n'y a pas de réduction de sulfate de calcium par une matière organique, laquelle aurait engendré un sulfure. On peut donc dire qu'une eau bien conservée dans les conditions normales ne s'est pas altérée dans un délai bien supérieur à celui de la conservation dans le commerce.

Source du Pavillon

Eau embouteillée à l'Usine en Octobre 1924.

Eléments dosés	Octobre 1924	Octobre 1931
Calcium.	573	575,7
Magnésium (Treadwell) . . .	52,3	50
(oxyquinoléine)	45,2	44,3
Ion sulfate.	1276,3	1280
Ion carbonate (CO ²)	175,2	176,4
Ion chlore.	5,8	6
Silice.	11,5	11,5
Extrait sec.	2231	2241
Extrait sulfaté.	2187	2222
Alcalinité totale en CaO. . .	163,5	164,6

IV

Interprétation des résultats

Variation de la minéralisation des eaux des six sources
prélevées le même jour (22 octobre 1931).

Lorsque l'on compare les résultats analytiques des eaux prélevées le 22 octobre 1931 (tableau p.), on voit immédiatement que les eaux des six sources de Contrexéville forment deux groupes.

Dans le premier il faut ranger Pavillon, Le Clerc, Quai et Prince; dans le second : Souveraine et Duchesse.

L'extrait sec et l'extrait sulfaté sont voisins de 2.200 pour le premier groupe, de 1.600 pour le second.

Le taux de calcium est environ de 575 pour les quatre premières sources et de 400 pour les deux autres. Le magnésium est à peu près de 44 pour les sources du premier groupe et de 54 pour celles du deuxième. L'ion sulfate se rapproche de 1.300 pour Pavillon, Le Clerc, Quai et Prince et de 900 pour Souveraine et Duchesse.

Pour la silice et pour le chlore, la même distinction est nécessaire, mais ici, la quantité de matière dosée ne permettrait point d'établir, sur ces seuls indices, la distinction que nous avons vue.

En se reportant au plan des sources (p. 58), on remarquera que les sources Souveraine et Duchesse sont précisément très voisines, tandis que les quatre autres s'alignent sensiblement sur une même droite éloignée des deux premières sources. Evidemment, il y a des différences individuelles entre les représentants de chaque groupe; on notera que Le Clerc est nettement moins minéralisé que Pavillon, l'écart de 5 % environ est beaucoup moins grand que celui Pavillon-Souveraine.

Dans le premier groupe, Quai et Prince se distinguent nettement de Pavillon et Le Clerc, par la présence d'une petite quantité d'arsenic, faible il est vrai, mais visiblement supérieure à celle que contiennent Pavillon et Le Clerc, et Souveraine et Duchesse.

Au moins pour Prince, la quantité d'ion phosphate est aussi supérieure à celle des autres sources. Les dosages de fer, évidemment, ne concordent point avec cette distinction, mais comme une bonne partie du fer peut échapper à l'eau, par formation d'oxyde ferrique, sous l'influence de l'oxygène de l'air, on ne peut affirmer que le dosage du fer représente bien la minéralisation primitive de l'eau.

Il semble donc que les eaux de Contrexéville proviennent de deux faisceaux souterrains d'eau minérale, l'un plus minéralisé que l'autre; au cours de leur remontée vers le jour, les filets aqueux de chacun de ces faisceaux ont dû se charger plus ou moins de certains éléments, comme l'arsenic, se diluer plus

ou moins sous l'influence des nappes supra ou medio conchyliennes, ce qui explique les légères variations individuelles de chacune des sources.



Variations mensuelles des différentes sources

Pour le premier groupe des sources que j'ai distingué, les chiffres des dosages mensuels montrent des variations très faibles pendant les cinq mois : Octobre, Novembre, Décembre, Février, Mars.

Le mois de janvier se distingue par une réduction notable — 10 % environ — de la minéralisation totale. La chute simultanée pour ces quatre sources, a été suivie en Février d'un redressement presque complet. Il faut remarquer aussi que le rapport So^4/Ca , pour la source Pavillon, est sensiblement constant pour les cinq mois où la minéralisation ne varie guère, et que ce rapport est sensiblement altéré lorsque la minéralisation faiblit. Ce qui paraît bien confirmer l'individualité du groupe Souveraine et Duchesse, c'est que la chute de minéralisation s'y est montrée plus faible que dans le premier groupe, au mois de Janvier 1932, et qu'au lieu de redressement, la chute a continué en Février et Mars, plus sensiblement pour Duchesse que pour Souveraine.

L'eau de Pavillon embouteillée en octobre 1924, comparée avec celle d'octobre 1931, montre des différences extrêmement faibles, les extraits secs ne diffèrent que de 0,5 %, les écarts sont souvent de

l'ordre de grandeur des erreurs analytiques. On voit donc, si l'on néglige quelques oscillations brusques de la minéralisation, que l'eau de la source Pavillon s'écarte très peu d'une valeur moyenne.

En regard de ces résultats, je rapporterai ceux de Braconnier qui sont cités dans le travail de MM. Bordas et Guillerd [5].

« Braconnier a suivi, de janvier à juin 1879, chaque mois, le débit et la composition chimique de la source Pavillon. Il a obtenu les résultats suivants :

	Débit	Chlore	SO ₄	Ca	Mg
Janvier.	145 l/m	7	1272	588	19
Juin.	122 l/m	8	1296	600	25

« On voit qu'en s'avancant dans la saison sèche le débit avait diminué de 15 % à mesure que la minéralisation progressait de 2,5 %. Cet auteur a enregistré des variations du même ordre sur les autres sources naturelles de Contrexéville. »

En somme, cet auteur n'a pas observé de variation brusque de la minéralisation, sauf peut-être pour le magnésium, mais les méthodes de dosage de cet élément en 1879, ne permettent pas d'être très affirmatif sur les variations notées par Braconnier.

On peut se demander quelles sont les causes qui ont provoqué en janvier 1932 la chute sensible de la minéralisation de l'eau de Pavillon et des sources satellites.

Comme il n'y a point de raison de douter de l'origine météorique des eaux minérales de Contrexéville,

je me suis demandé si la variation observée était en rapport avec des chutes de pluie ou de neige abondantes. En toute rigueur, il eût fallu faire des observations météorologiques aux abords immédiats de Contrexéville mais comme de telles observations n'étaient pas organisées minutieusement, j'ai eu recours aux observations de l'Office National météorologique faites à Epinal à 40 kilomètres à l'Est de Contrexéville. Je remercie M. le Directeur de l'Office National Météorologique qui m'a très aimablement communiqué les indications de chutes d'eau et de neige, du 22 octobre au 20 janvier.

La personne chargée du prélèvement des eaux à Contrexéville m'a communiqué les observations météorologiques qu'elle a pu faire aux abords des sources. En comparant les résultats à Contrexéville (p. 92) avec les résultats ci-dessous, on verra que les chutes d'eau et de neige concordent dans les deux endroits aux dates des prélèvements.

La quantité de pluie tombée dans la région a été un peu moins abondante en novembre qu'en décembre, mais on note à la suite d'une période pluvieuse une chute importante de neige à partir du 29 Décembre 1931, jusqu'à 17 centimètres le 30 Décembre 1931. Cette couche de neige a fondu à partir du 4 Janvier 1932. Il n'est pas douteux que le brusque dégel de cette masse considérable de neige a pu apporter quelque trouble dans les nappes d'eau du sous-sol de la région. L'augmentation de cette réserve d'eau souterraine peut influencer sur la minéra-

Extrait des observations d'Epinal

à 390 m. d'altitude et à 40 km E. de Contrexéville,
communiqué par l'Office National Météologique
Hauteur d'eau météorique en millimètres

1931 1932	Octobre 1931		Novembre 1931		Décembre 1931		Janvier 1932	
DATE	Pluie ou Neige	Neige sur le sol	Pluie ou Neige	Neige sur le sol	Pluie ou Neige	Neige sur le sol	Pluie ou Neige	Neige sur le sol
1	—	—	.	.	.	.	3.2	14
2	—	—	.	.	.	.	9.6	13
3	—	—	.	.	10.5	.	2.7	Plaques
4	—	—	.	.	6.1	.	0.0	.
5	—	—	6.5	.	0.0	.	0.1	.
6	—	—	2.9	.	8.8	.	8.6	.
7	—	—	1.3	.	0.4	.	16.9	.
8	—	—	.	.	.	.	4.0	.
9	—	—	11.5	.	1.5	Flocons	.	.
10	—	—	4.8	.	3.5	.	0.4	.
11	—	—	5.5	.	.	.	4.9	.
12	—	—	.	.	.	.	.	.
13	—	—	0.0	.	0.0	.	5.0	.
14	—	—	.	.	0.0	.	0.0	.
15	—	—	0.0	.	0.4	.	.	.
16	—	—	.	.	0.0	.	.	.
17	—	—	.	.	1.8	.	0.0	.
18	—	—	.	.	0.0	1	0.0	.
19	—	—	.	.	0.0	Flocons	.	.
20	—	—	.	.	.	.	.	.
21	—	—	.	.	.	.	—	—
22	0.3	.	0.0	.	.	.	—	—
23	7.8	.	.	.	.	.	—	—
24	20.2	.	3.9	.	.	.	—	—
25	0.3	.	.	.	0.0	.	—	—
26	.	.	5.9	.	.	.	—	—
27	.	.	1.1	.	0.7	.	—	—
28	0.0	.	0.0	.	12.3	.	—	—
29	5.4	Flocons	1.1	.	13.0	11	—	—
30	11.4	.	.	.	2.1	17	—	—
31	.	.	.	.	.	16	—	—

NEIGE SUR LE SOL : Les nombres dans cette colonne indiquent l'épaisseur de la couche de neige en centimètres.

NOTA : On indique par 0.0. une pluie non mesurable, c'est-à-dire, inférieure à un dixième de millimètre en 24 heures.

lisation des sources de deux façons : apport d'une eau peu minéralisée et passage plus rapide sur les couches dans lesquelles les eaux se chargent de substances minérales. Les deux facteurs doivent intervenir simultanément, en particulier pour la source Pavillon, où, en Janvier, il y a un trouble du rapport SO_4/Ca qu'on n'observerait pas si l'eau minérale avait été diluée par une eau très peu minéralisée, ou si elle était passée uniquement sur des bancs de gypse.

L'absence de variations notables dans la minéralisation, à la suite de chutes d'eau locales, laisse penser que les eaux qui circulent dans le Muschelkalk calcaire ne sont pas celles qui sont intervenues dans la perturbation de Janvier 1932.

Le retard même de la perturbation plaide en faveur d'une origine assez lointaine et cela concorde bien avec l'hypothèse de Braconnier sur la formation des eaux de Contrexéville.

Braconnier a observé quelque chose d'analogue en 1876 : le débit qui s'était maintenu autour de 120 litres était monté à 215 après une fonte de neige abondante.

Conclusions

En résumé :

1° J'ai rassemblé les analyses anciennes des six sources appartenant à la Société des Eaux de Contrexéville et rapporté les théories proposées sur l'origine de ces eaux. ,

2° En utilisant des méthodes bien contrôlées, et en menant parallèlement les analyses des six sources, j'ai pu déterminer les éléments caractéristiques de chacune d'elles.

3° Les analyses révèlent que les sources examinées forment deux groupes, si l'on ne tient pas compte de légères variations individuelles. Le premier groupe comprend : Pavillon, Le Clerc, Quai et Prince. Le deuxième groupe comprend : Souveraine et Duchesse. Cette classification chimique concorde avec la répartition géographique des sources.

Les eaux du premier groupe sont plus chargées en sulfate de calcium, la source Le Clerc est un peu moins minéralisée que les trois autres ; la source Prince se distingue par des traces d'arsenic et de phosphates. Les eaux du second groupe ont une minéralisation inférieure d'un tiers environ à celles du

premier groupe et elles contiennent un peu plus de magnésium.

4° J'ai effectué le dosage des principaux éléments des six sources sur des prélèvements mensuels d'Octobre 1931 à Mars 1932. Ils ont révélé une constance relative de la minéralisation; au mois de Janvier 1932 les eaux du premier groupe ont manifesté une dilution passagère; le même phénomène a été observé pour les eaux du second groupe, mais il a persisté jusqu'en Mars.

5° L'examen des conditions météorologiques pendant le semestre des prélèvements montre que cette chute de la minéralisation est en relation avec une fonte de neige abondante.

La constance de composition des eaux minérales est aujourd'hui fort discutée; pour des eaux d'origine superficielle, les sources de Contrexéville manifestent une constance qui donne toute garantie pour leur application thérapeutique.

Bibliographie

- [1] Anonyme. — Un mot sur les Eaux Minérales de Contrexéville, Epinal, 1837.
- [2] *Annuaire des Eaux de France*, 1851, p. 600.
- [3] BAGARD (C.). — *Soc. Roy. et Arts de Nancy*, 10 janvier 1760.
- [4] BAUDRIMONT (L.) et LEPAGE (Ch.). — Eaux Minérales des Vosges, 1879, p. 73.
- [4 bis] BERG (R.). — *Zeit. für anal. Chem.*, 1927, p. 25.
- [5] BORDAS (F.) et GUILLERD (A.). — Les stations hydro-minérales du trias vosgien (Vittel, Contrexéville, Martigny), *Ann. Inst. Hyd. et Clim.*, t. IV, 1926, p. 89.
- [6] BRACONNIER (M.-A.). — Voir Bordas et Guillerd et G. Parturier.
- [7] CARNOT (A.). — Mémoire présenté sur l'analyse des eaux minérales faites au bureau d'essai de l'Ecole des Mines de 1845 à 1884, *Ann. des Mines* (8), 7, p. 79.
- [8] COLLARD (de Martigny). — Analyse des Eaux de Contrexéville, *J. Ch. med.*, 1829, 5, p. 649.
- [9] CRUISE (F.-R.). — Notes of a visit to Contrexéville, *The Lancet*, 20 juin 1885.
- [10] DEBRAY (H.). — Analyse de la source Pavillon, 1864. Voir Jacquot et Willm.

- [11] DENIGÈS. — Dosage des phosphates dans les eaux, *C. R.*, 1920, 171, p. 802.
- [12] DIENERT et WANDENBULCKE. — Dosage colorimétrique de la silice dans les eaux, *ann. Ch. Anal.*, 1924, 6, pp. 105-111.
- [13] FELLER (F.-X. de). — Dictionnaire historique ou biographie universelle, 1832, t. II, p. 385.
- [14] FLORENTIN (D.). — Dosage des phosphates dans les eaux, *Ann. Ch. anal.*, 1921, pp. 295 et 296.
- [15] FODÉRÉ. — *Journal du Dictionnaire des sciences médicales*, 1829, t. XXX.
- [16] FRENCKEL (S.-H.-M.). — Teneur en Lithium des Eaux Minérales des Vosges, Paris, George Petit, 1903.
- [17] GRIFFON (H.) et BERNARD (M^{11e} A). — Microdosage du potassium dans les eaux, *J. Ph. et Ch.*, 1930 (8), 12, pp. 118-124.
- [18] HENRY (Ossian). — Analyse des eaux de Contrexéville, *Annuaire des Eaux de France*, 1854, p. 599.
- [19] JACQUOT (E.) et WILLM. — Les eaux minérales de la France, Paris, 1894.
- [20] JALOUSTRE (L.), DANNE (G.), DEMENITROUX (M.) et MAUBERT (A.). — Sur la radioactivité des eaux de Contrexéville, *C. R.*, 1925, 181, pp. 222-224.
- [21] KAHANE (E.). — Dosage du sodium, *Bull. Soc. Ch.*, 4^e série, 43, 1928, p. 425.
- [22] LABAT (D^r M.). — Analyse de l'eau du Pavillon, *Ann. d'Hyd. et Clim. Méd.*, 1896, 41, p. 113.
- [23] LÉONARDON (M.). — Dosage de l'arsenic dans les eaux minérales, *Thèse Doct. Pharmacie*, Paris, 1924.
- [24] LEFORT (J.). — Analyse de l'eau du puits de M. Baud, Contrexéville, 1859.
- [25] MAMELET (A.-F.). — Notice sur les eaux de Contrexéville, 3^e édition, 1840.

- [26] MÉRAT (F.-V.) et LENS (A.-J. de). — Dictionnaire de Matière médicale et de Thérapeutique, II, 1830, 1830, pp. 397 et 398.
 - [27] NICKÈS I.J.). — *J. Ph. et Ch.*, 1857 (3^e), 32, pp. 50 et 51.
 - [28] NICOLAS. — Dissertation chymique sur les eaux minérales de la Lorraine, Nancy, 1778.
 - [29] PARTURIER (G.). — Contrexéville et Wildungen, Maloine, édit., Paris, 1910.
 - [30] POMMIER (A.-Ch.). — Les eaux minérales des Vosges, *Thèse de Pharmacie*, Paris, 1854.
 - [31] ROTUREAU (A.). — Eaux minérales de la France, Masson, édit., Paris, 1859, t. I, pp. 94-111.
 - [32] THOUVENEL. — Mémoire chymique et médicinal sur les principes et vertus des eaux minérales de Contrexéville en Lorraine, Nancy, 1774.
 - [33] TOUPLAIN (F.). — Analyse générale des eaux, 1922, pp. 32-37.
 - [34] TREADWELL (F.-P.) (trad. M. BOLL). — Analyse quantitative, 3^e éd. Dosage du calcium, pp. 77-80.
 - [35] Dosage du magnésium, pp. 67-70.
 - [36] Dosage du fer, p. 561.
 - [37] TREUILLE (A.). — Des eaux minérales et thermales et de leur valeur thérapeutique, Contrexéville, Paris, 1858.
 - [38] ASTRUC (A.). — L'importance du manganèse dans les eaux minérales, *Ann. Inst. Hydrol.*, 1924, t. II, pp. 79-80.
-

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	7
PREMIÈRE PARTIE. — Historique.	
I. Histoire de la Station.....	13
II. Le captage de la source Pavillon.....	27
III. Le captage de la source des Bains (ou Prince) et du Quai	34
IV. Le captage des sources Souveraine et Duchesse..	36
V. Le captage de la source Le Clerc	37
DEUXIÈME PARTIE. — Travaux antérieurs.	
I. Analyses des eaux.....	41
II. Hydrogéologie.....	55
TROISIÈME PARTIE. — Travaux personnels.	
I. Mode de prélèvement des eaux.....	67
II. Méthodes suivies pour les analyses.....	69
III. Résultats des analyses	91
a) Conditions atmosphériques des prélève- ments.....	92
b) Tableau des analyses des six sources pré- levées le 22 Octobre 1931.....	93
c) Tableau des analyses mensuelles : source Pavillon.....	95
d) Tableau des analyses mensuelles : source Le Clerc.....	97
e) Tableau des analyses mensuelles : source Souveraine.....	103

f) Tableau des analyses mensuelles : source Duchesse.....	105
g) Tableau des analyses mensuelles : source du Quai.....	99
h) Tableau des analyses mensuelles : source du Prince.....	101
i) Analyse de l'eau de Pavillon embouteillée en Octobre 1924.....	107
IV. Interprétation des résultats.....	108
CONCLUSIONS.....	115
INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.....	117

VU ET BON A IMPRIMER :
Le Président de la Thèse,
 M. SOMMELET.

Vu :
Le Doyen de la Faculté,
 Paul GUÉRIN.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :
Le Recteur de l'Académie de Paris,
 S. CHARLÉTY.

